Über die
Verteilung der Stärke in Laubblättern zu verschiedenen Tageszeiten

---

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Philosophischen Fakultät
der **Universität Rostock**

vorgelegt von

Willy Langner
aus Berlin

Mit 1 Textfigur.

Leipzig
Verlag von Gebrüder Borntraeger
1927

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549216_0145

Über die
Verteilung der Stärke in Laubblättern zu verschiedenen Tageszeiten

---

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Philosophischen Fakultät

der **Universität Rostock**

vorgelegt von

Willy Langner

aus Berlin

Mit 1 Textfigur.

Leipzig

Verlag von Gebrüder Borntraeger

1927

Referent: Professor Dr. H. v. Guttenberg

Sonderabdruck aus Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik. Bd. 67. Heft 2.
Gebrüder Borntraeger, Leipzig

Einleitung.

Über die Wanderung der Kohlehydrate im Laubblatt liegen bereits zahlreiche Untersuchungen vor. Teils befassen sich diese mit der chemischen Umwandlung der Assimilate in den einzelnen Stadien ihrer Wanderung, teils mit der Frage, in welchen Geweben diese erfolgt.

Haberlandt (9) ist der erste gewesen, der sich in seiner „Vergleichenden Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen" mit der Frage beschäftigt hat, welche Wege die Kohlehydrate bei ihrer Wanderung im Blattparenchym einschlagen. Auf Grund des anatomischen Baues und der Anordnung der zum Assimilationssystem gehörenden Gewebe schließt er, daß die Streckungsrichtung der Zellen (Palisadenzellen) oder auch nur die Anordnung eingeschalteter Falten und Wände (Armpalisaden) die Richtung der Wanderung angeben, büschelige Anordnung aber auf den Ort der Entleerung hindeute. Je höher entwickelt die Pflanze ist, um so vollkommener ist auch das Assimilationssystem ausgebildet. So findet man bei den meisten Dikotylen ein Assimilations-, ein Ableitungs- und ein Zuleitungsgewebe. Auf einem Blattquerschnitt von *Ficus elastica* (Fig. 1) müssen nach Haberlandt die Assimilationsprodukte von *a* nach *b*, von *b* nach *c*, von *c* nach *d* und schließlich von *d* nach *e* wandern.

A. F. W. Schimper (29) beschäftigte sich mit der gleichen Frage. Bei *Hydrocharis morsus ranae* werden nach seiner Meinung die obersten Zellen zunächst entleert, dann die darunter befindlichen

und so weiter; die Stärkeauflösung schreitet nach den Scheiden zu fort, die sich zuletzt entleeren. Ähnliches fand er bei den panachierten Blättern von *Croton superbum* und verschiedenen *Euphorbiaceen*. Im großen und ganzen scheint also Schimper den gleichen Weg der Stärkewanderung wie Haberlandt anzunehmen.

Hat Haberlandt aus dem anatomischen Bau des Blattes seinen Schluß gezogen, so kam Rywosch (26) auf Grund anderer Überlegungen zu der gleichen Ansicht betreffs des Weges der

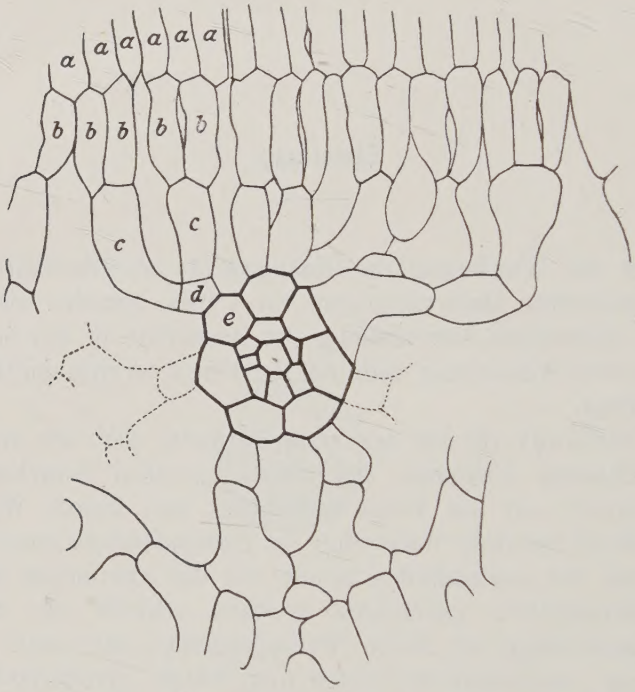

Fig. 1. *Ficus elastica.* Ausschnitt aus dem Assimilationsgewebe. (Nach Haberlandt.)

wandernden Assimilate. Ausgehend von der Frage, welche chemischen und physikalischen Gesetze die Stoffwanderung bedingen, zog er den Schluß, daß ein Konzentrationsgefälle den Diffusionsstrom herbeiführen müsse, der die Assimilationsprodukte von den assimilierenden Zellen zum Leitbündel führt. Ein solches Gefälle bewirke erstens die aus dem Leitbündel in die umgebenden Zellen austretende Wassermenge. Da nach seinen Beobachtungen die Stärke immer zuerst in den der Epidermis anliegenden Zellen, in

den das Leitbündel umlagernden Zellen aber stets zuletzt aufgelöst wird, so bewirke zweitens die dauernde Neubildung von Stärke und die damit verbundene teilweise Ausschaltung der osmotisch wirkenden Stoffe das Konzentrationsgefälle; beide Faktoren würden geringere Konzentration der löslichen Assimilate nahe dem Gefäßbündel und steigende Konzentration gegen die Epidermis zu erzeugen.

Eine Reihe weiterer Arbeiten verfolgt nicht den Verlauf der Wanderung von Zelle zu Zelle, sondern stellt nur auf verschiedene Art und Weise — meist makroskopisch — den Gehalt und die Verteilung der Stärke im Blatt zur Zeit reichlicher Assimilation dem Stärkegehalt nach kürzerer oder längerer Unterbrechung der Assimilation gegenüber oder aber sucht den Einfluß äußerer und innerer Faktoren auf die Bildung resp. den Abbau der Stärke festzustellen.

Sachs (27) unterwarf die Blätter der nach ihm benannten Jodprobe und stellte fest, daß am Morgen geschnittene Blätter stärkefrei, am Abend geschnittene dagegen voller Stärke waren. In gleicher Weise arbeitete Saposchnikoff (28), der die Wägungsversuche von Sachs vervollständigte und ergänzte. A. Lode (19) verdunkelte Blätter durch Überstülpen von schwarzen Pappzylindern gänzlich oder durch Umhüllen mit Stanniolpapier partiell. Seine Untersuchungen ergaben, daß die Stärke zuerst im Palisadengewebe, dann im Schwammparenchym und zuletzt im Nervenparenchym aufgelöst wird. Die Geschwindigkeit der Ableitung richtet sich nach dem Bedarf der Pflanze an Assimilationsprodukten. Die Fähigkeit, Stärke zu bilden oder aufzulösen, ist bei den Pflanzen, ja sogar bei den einzelnen Geweben derselben Pflanze verschieden. Einschnitte in die Blätter verhindern weder Bildung noch Ableitung, gleichgültig an welcher Stelle das Blatt verletzt wird. Die Stärke wird hauptsächlich veratmet. Zu lange Verdunkelung führt zu abnormen Verhältnissen im Blatt. K. Bernhauer (4) arbeitete nach der gleichen Methode wie Lode. Er unterscheidet zwei Typen: Beim ersten befindet sich in den um 5 h nachmittags untersuchten Pflanzen keine oder nur wenig Stärke im Palisadengewebe, dagegen sind Schwammparenchym und Gefäßbündelscheide stärkereich; beim zweiten Typus ist das Palisadengewebe und „oft auch das Schwammparenchym“ stärkereich, die Gefäßbündelscheide und „manchmal das Schwammparenchym“ sind stärkefrei oder -arm. Bernhauer sagt aber selbst, diese Einteilung sei nicht unbedingt gültig: „Es wäre denkbar, daß sich eine Beziehung zwischen der

Stärkeableitung und dem Bau des Laubblattes (also z. B. in Zusammenhang mit den Haberlandtschen Typen) finden ließe". Beim ersten Typus verschwindet nach künstlicher Verdunkelung die Stärke zuerst aus der äußersten Palisadenzellschicht, dann aus dem Schwammparenchym, zuletzt aus der Gefäßbündelscheide und dem angrenzenden Mesophyll; beim zweiten Typus entleert sich gleichzeitig mit dem Palisadengewebe auch die Gefäßbündelscheide zuerst, dann erst verschwindet die Stärke aus dem Schwammparenchym, zuletzt aus dem vom Gefäßbündel entfernteren Mesophyll. Blätter dieses Typus enthalten im allgemeinen viel weniger Stärke und sind bei Verdunkelung viel schneller stärkefrei als Blätter des ersten. Bei Wiederbelichtung verdunkelter Blätter tritt in den Palisadenzellen zuerst Stärke auf. „Es scheint ein Zusammenhang zwischen Dauer der Verdunkelung und Geschwindigkeit der Neubildung zu bestehen, indem diese beiden Vorgänge einander umgekehrt proportional zu sein scheinen: je länger die Verdunkelung dauert, desto langsamer findet Neubildung der Stärke statt." Die gebildete Stärke ist nur in geringem Maße „Wanderstärke" im eigentlichen Sinne, in ihrem überwiegenden Teile muß sie als Speicherstärke angesehen werden.

L. Schmetz (30) stellt den Einfluß einiger Außenfaktoren auf den Stärkeabbau fest, ohne auf die Frage nach dem Verbleiben der Abbauprodukte einzugehen. Erhöhter Wassergehalt des Blattes verringert den Abbau, Welken befördert ihn. Zu gleichem Ergebnis kommt auch Molisch (20) bei seinen Versuchen über Transpiration mit abgeschnittenen Blattspreiten, desgl. F. Horn (13) und A. Haken (11). Starkes Licht befördert scheinbar den Abbau.

W. G. Alexandrov (3) ist der erste mir bekannte Forscher, der unter Beibehaltung der natürlichen Lebensverhältnisse der Pflanze den Stärkebildungs- und Lösungsvorgang beobachtete, indem er alle 4 Stunden vom gleichen Blatte Teilstückchen prüfte. Seine Untersuchungen beschränken sich hauptsächlich auf die Unterschiede in Blättern höherer oder niedrigerer Lage an derselben Pflanze. Nach seinen Angaben bilden Blätter der unteren Lage weniger Stärke als die oberen. Interessant sind die Angaben über die Zeiten, in denen Stärke gebildet und gelöst wird. Er fand, daß erst nach Sonnenaufgang, häufig von 8 h früh ab, manchmal sogar noch später die am Vortage gebildete Stärke aufgelöst wird. Die Bildung, die sehr schnell vor sich geht, findet auch noch nach Sonnenuntergang statt.

In der Arbeit von S. Kostytschew, M. Kudriavzewa, W. Moissejewa und M. Smirnowa (17) über den „Täglichen Verlauf der Photosynthese bei Landpflanzen" wenden die Verfasser die Sachssche Blatthälftenmethode an und bestimmen durch Wägung die neugebildeten Assimilationsprodukte. Um auch einen Anhalt für die Menge der abgeleiteten Assimilationsprodukte zu erhalten, wurden die dem Lichte ausgesetzten Blatthälften mit solchen verglichen, die durch Umhüllung mit schwarzem Papier gleich lange Zeit verdunkelt worden waren. Bringen auch die Untersuchungen teilweise eine Bestätigung der bisher schon bekannten Tatsachen über den Einfluß des Lichtes und der Temperatur auf die Bildung und Lösung der Assimilationsprodukte, so ist doch neu die Hypothese, daß die Assimilationsintensität von der vorangegangenen Intensität der Ableitung in dem Sinne abhängig sei, daß verminderte Ableitung auch verminderte Assimilationstätigkeit zur Folge habe. Die Autoren kamen ferner zu dem Resultat, daß das Maximum der Photosynthese bei krautartigen Gewächsen meistens bereits am Vormittage erreicht wird, im Gegensatz zu baumartigen, bei welchen die Photosynthese bis in die Abendstunden zunimmt. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich kaum mit denen meiner Untersuchung vergleichen, da einerseits die klimatischen Verhältnisse beider Versuchsorte zu verschieden sind — erwähnt sei z. B. nur, daß Kostytschew eine CO_2-Assimilation im Juni und Juli selbst während der ganzen Nacht beobachtet hat, eine Erscheinung, die in unseren Breiten wohl niemals vorkommt —, und da andererseits die von Kostytschew angegebenen Zahlen sämtliche Assimilationsprodukte umfassen, während ich mich nur auf die Bildung und Lösung der Stärke beschränkt habe.

Erwähnt seien fernerhin noch die Arbeiten von P. P. Stanescu (32) und von V. Lubimenko (20). Stanescu bestimmt durch Wägung der Trockensubstanz kleiner, in gleichen Zeitintervallen abgeschnittener Blattstückchen die Menge der Assimilate. Die Kurven, die die gesamte Assimilationstätigkeit der Pflanzen darstellen, lassen erkennen, daß bei den von ihm studierten Pflanzen das Maximum an Assimilaten in der Regel gegen Abend und nur an besonders klaren und warmen Tagen früher, das Minimum hingegen in den letzten Nachtstunden oder ersten Morgenstunden auftritt.

Lubimenko arbeitet nach der gleichen Methode, wie sie meiner Arbeit zugrunde liegt. Er hat festgestellt, daß eine vollständige

Lösung der Stärke während der Nacht in 60° nördlicher Breite selten, dagegen in einer nördlichen Breite von 50° und südlicher häufig zu beobachten ist. Die Beobachtung, daß gewisse Arten im Laufe des Tages ein Maximum und Minimum an Stärkegehalt zeigen, andere Arten dagegen zwei oder gar mehrere Maxima und Minima (z. B. *Robinia pseudacacia*), habe ich nicht bestätigen können. Ganz im Gegensatz zu meinen Untersuchungen stehen die Angaben von Lubimenko über die Bildung der Stärke. Nach seinen Angaben beginnt die Stärkebildung in den an das Gefäßbündel angrenzenden Zellschichten und schreitet dann sukzessive gegen die Epidermis hin weiter, so daß sich die Palisadenzellen zuletzt füllen. Da Lubimenko nicht angegeben hat, wie er die Stärkemengen bestimmt hat (durch Schätzen, Zählen oder auf andere Weise), läßt sich schwer sagen, worauf diese Verschiedenheiten zurückzuführen sind. Zweigipflige Stärkekurven beobachtete übrigens auch A. Haken (11) bei *Impatiens parviflora*, jedoch nur im Frühjahr und Herbst. Das mittägliche Absinken des Stärkegehaltes führt sie auf die schlechtere Wasserversorgung zu diesen Tagesstunden zurück. Die von Lubimenko angeführte sukzessive Entleerung der Zellschichten von der Epidermis zum Gefäßbündel hin stimmt mit früheren und meinen Beobachtungen überein.

D. Tollenaar (43) untersuchte den Kohlehydratstoffwechsel von *Nicotiana tabacum*. Stärke und die verschiedenen Zucker wurden quantitativ bestimmt. Abgeschnittene Blätter resp. Blatthälften wurden nach verschiedener Vorbehandlung untereinander oder mit den am Stamme gebliebenen Blättern verglichen. Auch er verdunkelte Pflanzen oder Blätter ganz oder teilweise durch Dunkelstürze oder mit Stanniolpapier. Das Alter der Blätter (die Insertionshöhe am Stamm) wie auch die Vorbehandlung üben einen großen Einfluß auf den Stärkegehalt und die Stärkebildung aus. Auch bei starker Assimilation ist wenig Zucker im Blatt zu finden; das Fehlen des Zuckers beweist, daß er keine Funktion im Stofftransport erfüllt; es werden bei der Assimilation noch andere Stoffe als Kohlehydrate gebildet und darunter sind vielleicht die Verbindungen, die transportiert werden. Der durch Abbau der Stärke entstandene Zucker wird nicht abgeleitet, sondern die Stärke verschwindet, weil sie zum größten Teil in ihren Abbauprodukten veratmet wird. Die Temperatur beeinflußt den Stärkeabbau stark. Bei 28° C wird acht- bis zehnmal soviel Stärke aufgelöst wie bei $1^1/_2$° C.

Abschnitt I.

Methodisches.

Bei Behandlung der Frage nach der Wanderung der Kohlehydrate von ihrem Entstehungsherde zum Gefäßbündel kam es mir vor allem darauf an, festzustellen, in welchen Bahnen die Wanderung vor sich geht. Hat Haberlandt mit seiner auf anatomischen Beobachtungen fußenden Annahme recht, oder liegen andere Wege vor? Erst in zweiter Linie wurde auch auf die Menge der wandernden Stoffe geachtet. Diese ist von verschiedenen inneren und äußeren Faktoren abhängig; dagegen war anzunehmen, daß die Leitungsbahnen stets die gleichen bleiben. Um diese zu finden, war es nötig, die Verteilung der Kohlehydrate in den einzelnen Geweben ein und desselben Blattes zu den verschiedenen Tageszeiten festzustellen und zu vergleichen. Von den Kohlehydraten läßt sich die Stärke am deutlichsten sichtbar machen. So haben auch Sachs und Schimper sich bei ihren Untersuchungen meist auf die Feststellung des Stärkegehalts beschränkt. Sachs' Jodprobe eignet sich wohl gut zur makroskopischen Feststellung der Menge des Stärkegehaltes, kann aber über die Verteilung der Stärke in den einzelnen Gewebeschichten keinen Aufschluß geben. Auch die Chloralhydratjodprobe Schimpers hat noch mannigfache Nachteile. Erstens ist sie fast nur bei verhältnismäßig dünnen Blättern brauchbar. Mit Recht bemerkt aber schon Rywosch, daß es gerade von Interesse sei, dickere Blätter zu untersuchen. Selbst wenn aber auch solche so durchsichtig werden sollten, daß sie im ganzen mikroskopisch untersucht werden können, ist es doch unmöglich festzustellen, wie die Stärke in den einzelnen Schichten des Palisaden- und Schwammparenchymgewebes verteilt ist. Zweitens lassen sich auch durch die Verquellung der Stärke Fehler in der Bestimmung größerer und mittlerer Mengen kaum vermeiden. Eine andere Frage ist: Berechtigt uns überhaupt die Verteilung der Stärke in den verschiedenen Tageszeiten, Schlüsse auf die Leitungsbahnen zu ziehen? Dies setzt voraus, daß die Stärke nicht ausschließlich direktes Assimilationsprodukt ist, daß sie vielmehr, da sie als Wanderstoff selbst nicht in Frage kommt, aus ihren wandernden Abbauprodukten — gleichgültig, welcher Art diese sind — jeweils wieder zu Stärke rückgebildet werden kann. Tollenaar glaubt, daß die Stärke nur als direktes Assimilationsprodukt gebildet wird

und daß außerdem andere Assimilate entstehen, die für den Transport in Frage kommen, die wir aber noch nicht kennen, und über die er selbst auch keine näheren Angaben machen kann. Wie ist es nun zu verstehen, daß die Stärke „als direktes Assimilationsprodukt“ (nach Tollenaar) mit vorrückender Tageszeit sich gerade in den inneren Gewebeschichten stärker anhäuft als in den eigentlichen Assimilationszellen, den Palisadenzellen? Ich glaube, diese Tatsache allein spricht schon dafür, daß die Stärke zum mindesten nicht nur direkt durch Assimilation entsteht, sondern ihre Entstehung auch anderen Stoffen verdankt. Von diesen möglichen Stoffen ist nur der Zucker bekannt. Nach den Untersuchungen von Ruhland (25) ist es infolge der geringen Permeabilität der Zellen für Zucker unwahrscheinlich, daß dieser als Wanderstoff in Frage kommt. Da nun aber, wie sich aus allen bisher angeführten Untersuchungen ergibt und wie auch aus den eigenen Ergebnissen ersichtlich werden wird, tatsächlich sukzessive Bildung und Schwund der Stärke in den einzelnen Zellschichten beobachtet ist, so müssen irgendwelche Abbauprodukte vorhanden sein, die der Zelle die für die Bildung der Stärke notwendigen Aufbaustoffe zuführen; vielleicht sind dies dieselben Stoffe, die nach Tollenaar neben der Stärke gebildet werden und für den Transport in Frage kommen. Auch eine vollkommene Veratmung der Stärke an Ort und Stelle, wie sie Tollenaar annimmt, scheint mir aus den bereits angeführten Gründen unwahrscheinlich. Es ist nicht einzusehen, warum dann die Stärke so gleichmäßig zuerst gerade immer in den Palisadenzellen und zuletzt in den das Gefäßbündel umlagernden Zellschichten veratmet werden sollte. Wir sind mithin wohl berechtigt, das zeitlich, örtlich und quantitativ verschiedene Auftreten der Stärke als eine Folge der Ableitung anzusehen und daraus Schlüsse auf die eingeschlagenen Bahnen zu ziehen.

Fast sämtlichen bisher benutzten Methoden haften m. E. noch zwei wesentliche Mängel an. Die Blätter wurden erstens in viel zu großen Zeitabständen untersucht, so daß man nur ein Anfangs- und ein Endbild erhielt, die dazwischen liegenden Phasen aber dem Beobachter vollkommen entgingen. Zweitens wurden die Pflanzen nicht unter natürlichen Lebensbedingungen beobachtet. So wurden die Blätter fast nie im natürlichen Beleuchtungswechsel von Tag und Nacht untersucht, sondern nach der Tagesuntersuchung wurden die Blätter künstlich — z. B. mit Stanniolpapier —

verdunkelt. Dieser plötzliche Wechsel von Licht und Dunkel ist für die Pflanze unnatürlich, und die dabei beobachteten Veränderungen können demnach von jenen abweichen, die bei der natürlichen, allmählich eintretenden Verdunkelung durch die Nacht zu beobachten sind. Ferner wird durch die Umhüllung mit Stanniolpapier die Transpiration herabgesetzt, und es ist nicht ausgeschlossen, daß auch dies die Auswanderung der Kohlehydrate beeinflußt. Fast in allen neueren Arbeiten [Lode (19), Bernhauer (4), Tollenaar (34)] finden wir Angaben, daß die künstliche Verdunkelung „abnorme Verhältnisse" im Blatt schaffen kann, d. h. die Bildung und den Abbau der Stärke beeinflußt. Genau das gleiche gilt für die durch künstliche Beleuchtung, durch künstliche Änderung des Kohlensäuregehalts der Luft oder der Feuchtigkeit hervorgerufenen Verhältnisse, auch für das Schwimmen der Blätter auf Zuckerlösungen u. a. m. So zweckdienlich diese künstlich geschaffenen Bedingungen für die jeweils beabsichtigte Untersuchung sein mögen und so wertvoll die Ergebnisse auch sind, so gestatten sie doch keine Schlüsse auf das Verhalten der Blätter unter natürlichen Lebensbedingungen; denn es ist nie zu übersehen, ob nicht gerade durch diese künstlichen Bedingungen Wirkungen in der Pflanze hervorgerufen werden, wie sie niemals unter normalen Bedingungen eintreten würden. Typisch scheint mir hier gerade das Ergebnis von Tollenaar über die Veratmung der Stärke zu sein; scheinbar sind die Folgerungen aus seinen Versuchsanordnungen zwingend, und trotzdem widersprechen sie allen bisher bekannten Erscheinungen, die wir an der lebenden Pflanze finden.

Um diese Fehlerquellen auszuschalten, ging ich folgendermaßen vor: Die zur Untersuchung benutzten Blätter wurden nicht künstlich verdunkelt, sondern innerhalb 24 Stunden fortlaufend alle zwei bis drei Stunden — also auch während der Nacht — untersucht. Da verschiedene Blätter, ja sogar Teilblätter eines Laubblattes meist — wenn auch nur sehr geringe — Unterschiede in der Stärkemenge aufweisen [s. Tollenaar (34)], wurden nur Stückchen eines Blattes untersucht, die von diesem nacheinander so abgetrennt worden waren, daß die Mittelrippe nicht verletzt wurde. Die Verwundung übte, soweit sich feststellen ließ, niemals auch nur den geringsten Einfluß auf die Bildung oder Ableitung der Kohlehydrate aus. Während Kostytschew (16) bei den mit einer Nadel verletzten Blättern, die nach dieser Operation wie ein fein-

maschiges Netz aussahen, eine geringere Assimilationstätigkeit beobachtete als an unverletzten, kam Lode zum gleichen negativen Ergebnis wie ich; es ist wohl zu berücksichtigen, daß das Herausschneiden eines Blattstückchens sich nicht vergleichen läßt mit den über die ganze Lamina verteilten Verletzungen, die Kostytschew vornahm. Von den abgeschnittenen Blattstückchen wurden Handschnitte angefertigt, diese in Alkohol gebleicht, dann in Jodjodkalium (0,5 g Jodkalium, 1 g Jod, 100 ccm Wasser) gelegt und in Jodglyzerin untersucht. Auf diese Weise läßt sich die Stärke jeweils genau lokalisiert nachweisen. Die Methode hat nur den einen Nachteil, daß sie eine Beschränkung auf solche Pflanzen auferlegt, bei denen Blätter oder Teilblätter es ihrer Größe nach ermöglichen, acht- bis zwölfmal Teilstückchen zu untersuchen. Aus diesem Grunde war es auch nicht möglich, die Untersuchungen an der Hand der Haberlandtschen Typen und Systeme vorzunehmen. Das war auch deshalb nicht möglich, weil bei einigen Typen gar keine Stärke nachgewiesen werden konnte. Auf eine Bestimmung des Zuckers wurde verzichtet, da es keine Methode gibt, die es gestattet, diesen völlig lokalisiert in den einzelnen Zellen oder Zellagen mit Sicherheit nachzuweisen, und es noch weniger möglich ist, Aufschluß über die vorhandenen Mengen zu gewinnen. Lodes Angaben über lokalisierten Zuckernachweis mit Fehlingscher Lösung kann ich trotz vielfacher Versuche nicht beistimmen. Auch das später von Hagen (10) empfohlene Reagens hat bei meinen Objekten nicht den gewünschten Erfolg gehabt. So wurde die Auswahl auf Material beschränkt, das allen Forderungen der Methode gerecht wurde.

Die Menge der jeweils gefundenen Stärke ließ sich nicht einwandfrei messen oder zählen, da die Form und Größe der Stärkeeinschlüsse in den Chlorophyllkörnern sehr verschieden ist, und da bei großen Stärkemengen überhaupt eine Zählung unmöglich war. Daher werden in den folgenden Untersuchungen bei der Schätzung der Stärkemengen sechs Abstufungen für den Stärkegehalt angegeben, die in den beigefügten Tabellen mit den Zahlen 0 bis 5 bezeichnet sind: stärkefrei = 0, Spuren von Stärke = 1, wenig Stärke = 2, mäßiger Stärkegehalt = 3, viel Stärke = 4, sehr viel Stärke = 5. Bei Beurteilung des Stärkegehaltes wurde nicht eine bestimmte Zelle in einem bestimmten Schnitte beobachtet, sondern es wurde aus den ca. 8 bis 10 unter dem Mikroskop liegenden Handschnitten das am häufigsten auftretende Bild fest-

gehalten; natürlich waren geringe Unterschiede in den einzelnen Zellen und Zellschichten immer vorhanden. Den einzelnen Untersuchungen lasse ich jeweils eine kurze Beschreibung der nach Haberlandt zum Assimilationssystem gehörenden Zellschichten und Zellkomplexe vorausgehen.

Abschnitt II.

Untersuchungsergebnisse.

1. *Syringa chinensis* Willd.

Am 1. Mai 1913 wurde *Syringa chinensis* Willd. untersucht. Der Tag war sonnig mit nur wenig weißen Wolken am Himmel; die Nacht war vollkommen klar. Die Temperatur erreichte im Schatten nachmittags zwischen 2 und 3 h ihr Maximum mit ca. 28° C und sank bis morgens 6 h auf 13° C. Zur Untersuchung gelangten drei Blätter: das oberste Blatt an der Spitze „a", ein etwas älteres Blatt aus der Mitte des Zweiges „b" und ein vollkommen ausgewachsenes Blatt „c". Anatomisch unterschieden sich die drei Blätter nur durch den zarteren Bau der jüngeren Blätter, welcher gleichmäßig alle Gewebeschichten betrifft. Wir finden unter der oberen Epidermis eine einfache Palisadenschicht, deren Zellen ca. fünf- bis sechsmal so lang wie breit sind; dann folgt eine Zellschicht mit ähnlich gebauten Zellen, welche aber nur zwei- bis dreimal so lang wie breit sind. Ihres lockeren Baues wegen kann man im Zweifel sein, ob sie als Palisaden- oder als Sammelzellen anzusprechen sind. Ich rechne sie zu letzteren. Es folgen dann drei bis vier Schichten kugeliger bis — hauptsächlich in der Blattmitte — etwas längsgestreckter, schlauchartiger Schwammparenchymzellen, welche an die untere Epidermis grenzen und zahlreiche Interzellularen frei lassen. Die Blätter wurden von morgens $^1/_2$10 h bis abends 8 h in zweieinhalbstündiger Folge, dann bis morgens 8 h in zweistündiger Folge untersucht.

Die Stärkeverteilung in den drei Blättern ist aus der nachfolgenden Tabelle I, 1—3 zu entnehmen.

Betrachten wir die Tabelle I, 1 etwas näher, so sehen wir, daß die Palisadenzellen zwischen $^1/_2$3 h nachmittags und 10 h abends gleich viel Stärke enthalten; da sie aber bis zum Beginn der Dämmerung zweifellos noch assimilieren, muß man annehmen, daß ebenso viel Stärke abgeleitet wie neue gebildet wird, oder daß die neu

gebildeten Glukosemengen ohne Umwandlung in Stärke direkt weiter wandern. Nach Eintritt der Dunkelheit findet nur noch Ableitung statt, so daß wir um 12 h weniger Stärke als um 10 h abends und um 2 h morgens wiederum weniger als um Mitternacht finden; und zwar enthalten die Palisadenzellen um 2 h morgens keine Stärke mehr, da ja in dem jungen Blatt überhaupt nicht allzuviel Stärke im Palisadengewebe zurückbehalten war. Zwischen $^1/_2$ 10 h vormittags und 12 h mittags liegt der Zeitpunkt, an dem die Neubildung wiederum die Ableitung übersteigt.

Die Sammelzellen sind zwischen 5 h nachmittags und 10 h abends am vollsten. Nach 10 h leiten auch sie ihre Stärke ab und sind so 4 h morgens vollkommen entleert. Das Schwammparenchym füllt sich von 12 h mittags ab ständig in seinen vier Schichten der Reihe nach an und erreicht sein Maximum an Stärkegehalt um 10 h abends. Schon um $^1/_2$ 3 h nachmittags enthält es mehr Stärke als die Palisaden, obwohl es nur den Teil des Lichtes empfängt, der nicht durch diese absorbiert wurde. Dies kann nur so gedeutet werden, daß aus den Sammelzellen bezw. Palisaden Assimilate in das Schwammparenchym geleitet wurden. Dann beginnt wieder eine langsame aber vollkommene Entleerung bis 8 h morgens. Das einzige Gewebe, das niemals stärkefrei wird, ist die Leitparenchymscheide. Um 10 h abends ist sie am vollsten, dann entleert sie sich allmählich und hat um $^1/_2$ 3 h nachmittags am wenigsten Stärke.

Auch Tabelle I, 2 zeigt uns dasselbe Bild, nur daß wir es hier mit etwas größeren Stärkemengen zu tun haben. Die Palisadenzellen haben ihren Maximalgehalt an Stärke um 5 h nachmittags erreicht, entleeren sich dann langsam und erreichen ihren Minimalgehalt um 6 h früh. Zwischen $^1/_2$ 8 und 10 h morgens beginnt die Ablagerung neugebildeter Stärke. Die Sammelzellen erreichen ihren Maximalstärkegehalt erst um $^1/_2$ 8 h abends, ihren Minimalgehalt um 8 h morgens. Von 8 h morgens bis $^1/_2$ 8 h abends füllen sie sich allmählich und von $^1/_2$ 8 h abends bis 8 h morgens leiten sie ihre Stärke wieder ab. Noch etwas später erreicht das Schwammparenchym seinen Maximalgehalt, nämlich erst um 10 h abends, hat aber bis 8 h morgens auch seine meiste Stärke abgeleitet; dann erhält es durch Zuleitung wieder neue Stärke. Die Leitparenchymscheide ist schon um 5 h nachmittags gefüllt, behält ihren Stärkegehalt bis 12 h nachts und entleert sich dann allmählich, bis sie um 8 h morgens ihr Minimum an Stärke enthält.

Tabelle I[1]).

Syringa chinensis. 1. V. 1913.

1. Blatt „a".

Zeit	½10	12	½3	5	½8	10	12	2	4	6	8
Temp. C°	23,7	27,2	28,1	26,9	21,8	16,3	15,1	14,6	13,5	13,0	20,3
Bel.	Sonne mit wenigen weißen Wolken					klar					Sonne
P. Z.	0	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0
S. Z.	0	1	2	3	3	3	2	1	0	0	0
S. P. 1	0	1	3	3	3	3	3	1	1	0	0
S. P. 2	0	1	2	3	3	3	3	2	1	0	0
S. P. 3	0	1	2	2	3	4	3	2	1	1	0
S. P. 4	1	1	1	2	3	4	3	2	2	1	0
L. P.	2	2	1	2	3	5	4	3	2	2	3
Summe	3	8	13	17	20	21	19	11	7	4	3

2. Blatt „b".

P. Z.	1	2	3	4	3	2	1	1	1	0	0
S. Z.	1	2	3	4	5	3	3	2	1	1	0
S. P. 1	1	2	4	4	4	4	4	2	2	2	1
S. P. 2	2	3	4	4	4	4	4	2	2	2	1
S. P. 3	2	3	4	4	4	5	4	3	2	2	1
S. P. 4	3	3	4	5	5	5	5	3	3	2	1
L. P.	3	4	4	5	5	5	5	4	3	3	2
Summe	13	19	26	30	30	28	26	17	14	12	6

3. Blatt „c".

P. Z.	2	3	4	5	4	4	3	2	1	1	1
S. Z.	3	4	5	5	5	4	3	2	2	1	2
S. P. 1	3	3	4	4	5	5	3	2	2	1	2
S. P. 2	2	3	4	4	5	5	3	3	2	2	2
S. P. 3	2	3	4	4	5	5	4	3	3	2	2
S. P. 4	2	3	4	4	5	5	4	3	3	3	2
L. P.	2	4	5	5	5	5	5	4	4	4	3
Summe	16	23	30	31	34	33	25	19	17	14	14

1) In allen Tabellen bedeutet: Temp. = Temperatur, Bel. = Beleuchtung, P. Z. = Palisadenzellen (o. = obere, u. = untere), S. Z. = Sammelzellen, S. P. = Schwammparenchym, L. P. = Leitparenchym. Bei der Zeitangabe sind die Nachtstunden (6 h p. m. bis 5 h a. m.) durch fetten Druck von den Tagesstunden unterschieden.

Tabelle I, 3 zeigt uns, daß im ausgewachsenen Blatt noch größere Stärkemengen auftreten. Ableitung und Neubildung gehen in derselben Reihenfolge wie in Tabelle 1 und 2 vor sich. Um 5 h abends sind die Palisadenzellen gefüllt und entleeren sich dann langsam bis 4 h morgens. Zwischen 8 und $^1/_2$10 h vormittags beginnen neue Stärkemengen sich in ihnen abzulagern. Die Sammelzellen sind schon um $^1/_2$3 h nachmittags gefüllt und entleeren sich erst von $^1/_2$8 h abends ab bis 6 h früh, wo sie am wenigsten Stärke enthalten. Das Schwammparenchym enthält am meisten Stärke um $^1/_2$8 und 10 h abends, leitet dann seine Stärke ab und hat um 6 h morgens sein Minimum an Stärkegehalt erreicht. Ebenso wie die früheren Tabellen zeigt Tabelle 3, daß die Leitscheide am meisten und am längsten Stärke enthält. Von $^1/_2$3 h nachmittags bis 12 h nachts ist sie voller Stärke und erreicht um $^1/_2$10 h vormittags ihren Minimalgehalt.

Vergleichen wir in Tabelle I 1, 2 und 3 miteinander, so finden wir, daß die Art der Ablagerung und Ableitung bei allen Blättern gleich ist. Ein Unterschied besteht nur in der Menge der abgelagerten Stärke und in der Geschwindigkeit, mit welcher die Stärke aufgelöst und abgeleitet wird. Das jüngste Blatt bedarf der neugebildeten Kohlehydrate noch zum eigenen Wachstum. Vielleicht leitet es auch infolge der unmittelbaren Nähe der Vegetationsspitze die gebildeten Stoffe am schnellsten zu dieser ab; wir finden daher, daß in ihm am wenigsten Stärke abgelagert und diese am schnellsten abgeleitet wird. Je älter das Blatt ist, um so weniger bedarf es der Stoffe zu seinem eigenen Wachstum, um so langsamer leitet es vermutlich seine Stoffe wegen der größeren Entfernung vom Vegetationspunkte ab; infolgedessen kommt es in ihm zu einer erhöhten Ablagerung der Stärke und einer langsameren Ableitung derselben. Bei allen drei Blättern finden wir die von Sachs angegebene Beobachtung bestätigt, daß die Leitparenchymscheide fast niemals vollkommen stärkefrei wird.

Wichtig für uns ist, daß nachts zuerst die Palisadenzellen, dann die Sammelzellen und zum Schluß das Schwammparenchym ihre Stärke ganz oder doch zum größten Teil verlieren; ferner, daß das Stärkemaximum in den Sammelzellen am späteren Nachmittag oder auch erst abends auftritt, im Schwammparenchym sogar erst um 10 h nachts, also zu einer Zeit, zu der die Assimilation schon lange aufgehört hat. Das beweist uns, daß die Stärkevorräte dieser Gewebe von zugeleiteten Stoffen stammen müssen, und daß

es sich um jene Kohlehydrate handelt, die gleichzeitig aus den darüber liegenden Geweben, also aus den Palisaden bezw. Sammelzellen verschwinden. Das Stärkemaximum des ganzen Blattes finden wir am späten Abend, zu einer Zeit, wo die Palisaden noch einen größeren Teil ihrer Stärkemengen besitzen und die tieferen Schichten sich bereits gefüllt haben. Der jeweilige Gesamtgehalt an Stärke läßt sich dadurch zum Ausdruck bringen, daß man, wie dies in den Tabellen geschah, die Zahlen summiert, die dem Stärkegehalt der einzelnen Gewebe entsprechen.

2. *Syringa vulgaris.*

Am 15. Juli 1913 wurde *Syringa vulgaris* untersucht. Anatomisch unterscheidet sich diese von *Syringa chinensis* nur durch den weitaus typischeren Bau der unter der Palisadenschicht gelegenen Zellen, die hier wohl als zweite Palisadenschicht angesprochen werden können und nur schmale Interzellularen zwischen sich frei lassen. Diese Schicht entspricht also den bei *Syringa chinensis* geschilderten Sammelzellen, so daß bei *Syringa vulgaris* das zweischichtige Palisadengewebe direkt an das drei- bis vierschichtige Schwammparenchym grenzt. Während der Untersuchung war die Lufttemperatur morgens um 8 h 23° C und stieg bis um $^1/_2$ 1 h mittags ca. auf 30° C bei meist hellem Sonnenschein. Zwischen 12 und $^1/_2$ 1 h mittags setzte plötzlich ein starkes Gewitter ein mit merkbarer Abkühlung bis auf 19° C. Der Gewitterregen ging allmählich über in trübes Wetter, welches mit strichweisem Regen bis zum nächsten Morgen um 5 h ungefähr anhielt. Die Stärkeverteilung ist aus Tabelle II zu entnehmen.

Infolge der intensiven Beleuchtung und hohen Temperatur war bis um 10 h vormittags reichlich Stärke gebildet.

Bis um 12 h mittags dauerten die günstigen Beleuchtungs- und Wärmeverhältnisse an. Jetzt war schon in der ersten Palisadenschicht soviel Stärke gebildet, daß sie nicht ganz in die schon stark angefüllte zweite Schicht abgeführt werden konnte, obwohl diese ihrerseits schon einen Teil weiter an das darunter liegende Schwammparenchym abgegeben hatte.

Bei der nächsten Untersuchung um 2 h nachmittags war inzwischen das Gewitter niedergegangen, und die Temperatur hatte abgenommen. Noch ließen sich aber Folgen hiervon im Blatte nicht feststellen. Es war sehr reichlich Stärke gebildet und nach

Möglichkeit sofort abgeleitet worden. Die erste Palisadenschicht hatte „viel“ Stärke, die zweite sogar „sehr viel“. Der Stärkegehalt im Schwammparenchym war ebenfalls durchgängig gestiegen. Die Leitparenchymscheide hatte ihr Maximum erreicht, sie war vollgepfropft von Stärke.

Tabelle II.

Syringa vulgaris. 15. VII. 1913.

Zeit	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6
Temp. C° .	23,2	26,8	29,6	18,8	18,6	17,5	18,0	17,5	16,5	16,6	16,9	17,7
Bel. . . .	Sonne		Gewitter	Trübe mit Regen								Sonne
P. Z. 1 . .	1	2	4	4	3	3	3	2	2	1	1	1
P. Z. 2 . .	1	4	4	5	5	4	3	2	2	2	1	2
S. P. 1 . .	3	2	3	4	5	5	4	3	2	2	2	2
S. P. 2 . .	2	2	3	4	4	5	4	4	3	3	2	2
S. P. 3 . .	2	3	4	5	5	5	5	5	4	4	3	3
S. P. 4 . .	2	3	3	4	4	5	4	4	3	3	3	3
L. P. . . .	3	3	4	5	5	5	5	5	5	3	2	2
Summe	14	19	25	31	31	32	28	25	21	18	19	15

Von nun an aber waren die äußeren Bedingungen, wenn auch nicht schlecht, so doch bedeutend ungünstiger als vorher zu nennen. Dies spiegelt sich auch im Blatte wieder, indem die erste Palisadenschicht eine Stärkeabnahme zeigt.

Je weiter die Zeit vorschritt, um so deutlicher trat die Neubildung gegen die Ableitung zurück. Die Palisadenzellen entleerten sich langsam aber stetig, bis sie um 4 h morgens ihr Minimum erreicht hatten. Das Schwammparenchym nahm in seinem Stärkegehalt abends noch durch die aus dem Palisadengewebe zugeleiteten Mengen zu; dann begann auch in ihm eine langsame Entleerung, wobei die dritte Schicht am längsten ihre Stärke behielt, während die erste sich am schnellsten entleerte. Die Leitparenchymscheide enthielt bis Mitternacht „sehr viel“ Stärke, verlor sie dann aber sehr schnell.

3. *Fagus silvatica* und *Acer pseudoplatanus.*

Um eventuelle Unterschiede in der Wanderung der Stärke bei Schattenblättern im Gegensatze zu Sonnenblättern festzustellen, wurde Mitte Juli 1914 je ein Sonnenblatt von *Fagus silvatica* und *Acer pseudoplatanus* mit einem Schattenblatt derselben Pflanzen verglichen. Von morgens 8 h bis 1/2 4 h nachmittags schien am Untersuchungstage die Sonne bei vollkommen wolkenlosem Himmel. Die Temperatur stieg in dieser Zeit von 20° C auf 28° C mittags, um dann wieder bis 3 h nachmittags auf 25° zurückzugehen. Um ca. 4 h ging ein kurzes, schwaches Gewitter nieder; doch war um 6 h abends bereits wieder klares Wetter, das bis zum Abschluß der Untersuchung anhielt. Die Temperatur fiel während der Nacht bis auf 15,5° C um 3 h morgens.

In anatomischer Hinsicht unterschied sich das Sonnenblatt von *Fagus silvatica* vom Schattenblatt durch die bedeutend bessere Ausbildung des Palisadengewebes. Im Sonnenblatte waren auf der Blattoberseite zwei Schichten Palisadenzellen und auf der Blattunterseite eine Schicht, während das Schattenblatt nur eine Palisadenzellage auf der Blattoberseite hatte. Bei beiden Blättern befand sich unter dem Palisadengewebe der Oberseite eine Schicht Sammelzellen, denen die Palisaden in leicht büscheliger Anordnung aufsaßen. An die Sammelzellen schlossen sich zwei bezw. auch drei Lagen Schwammparenchymzellen, deren einzelne Lagen aber infolge ihrer großen Interzellularen häufig nicht voneinander unterschieden werden konnten und bei der Untersuchung immer ungefähr gleichen Stärkegehalt aufwiesen. Bei *Acer pseudoplatanus* hatte das Sonnenblatt nur eine Schicht Palisadenzellen, die ca. siebenmal so lang wie breit waren; dann folgte eine Lage Sammelzellen. Auch hier war typisch die büschelige Anordnung der Palisadenzellen, von denen drei bis vier an je eine Sammelzelle grenzten. Das Schwammparenchym bestand aus zwei Zellschichten mit verhältnismäßig kleinen Interzellularen. Beim Schattenblatt standen die nur zwei- bis dreimal so langen wie breiten Palisadenzellen in büscheliger Anordnung direkt auf dem zweischichtigen Schwammparenchym. Die Sammelzellen fehlten vollkommen. Die Stärkeverteilung ergibt sich aus Tabelle III.

Beim Beginn der Untersuchung, 9 h vormittags, zeigten alle vier Blätter wenig bis mäßig viel Stärke in allen Schichten.

Tabelle III.

1. *Fagus silvatica.* Sonnenblatt. 13. VII. 1914.

Zeit	9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°	23,3	28,2	25,4	22,6	18,5	18,5	17,1	15,5	17,6	21,5
Bel. . .	Sonne		bedeckt, Gewitter		klarer Himmel				Sonne	
o. P. Z. 1	2	3	3	4	3	2	1	0	1	2
o. P. Z. 2	3	3	3	4	3	3	2	1	0	2
S. Z. . .	3	3	3	4	3	3	2	1	0	1
P. Z. . .	3	3	3	4	4	4	3	3	2	1
u. P. Z. .	2	2	2	3	2	1	0	0	1	1
Summe	13	14	14	19	15	13	8	5	4	7

2. *Fagus silvatica.* Schattenblatt.

P. Z. . .	3	3	3	4	4	4	3	2	2	2
S. Z. . .	3	3	3	3	4	4	3	2	1	3
S. P. . .	3	3	4	4	4	5	4	4	3	2
Summe	9	9	10	11	12	13	10	8	6	8

3. *Acer pseudoplatanus.* Sonnenblatt.

P. Z. . .	3	4	4	4	3	3	2	2	1	2
S. Z. . .	3	3	4	5	5	4	3	2	1	2
S. P. 1	4	4	3	4	5	5	4	3	2	3
S. P. 2	3	4	5	5	5	4	4	4	3	3
Summe	13	15	16	18	18	16	13	11	7	10

4. *Acer pseudoplatanus.* Schattenblatt.

P. Z. . .	3	3	3	4	4	4	3	3	2	3
S. P. 1	3	3	3	4	5	5	4	4	3	3
S. P. 2	3	3	4	5	5	4	5	4	4	3
Summe	9	9	10	13	14	13	13	11	9	9

3 Stunden später hatte sich das Bild in beiden Schattenblättern nicht geändert. Bei den Sonnenblättern war der Stärkegehalt besonders in der oberen Palisadenschicht gestiegen. Die Ableitung hatte also in den Schattenblättern der Neubildung das Gleichgewicht gehalten, oder diese hatten überhaupt nicht assimiliert; in den Sonnenblättern überwog hingegen etwas die Neubildung der Stärke.

Um 3 h nachmittags hatte sich das Sonnenblatt von *Fagus* nicht verändert; Neubildung und Ableitung waren anscheinend gleich stark. Im Sonnenblatte von *Acer* hatten sich die Sammelzellen etwas mehr gefüllt. Die erste Schwammparenchymschicht hatte an die zweite mehr Stärke abgegeben, als sie von den Sammelzellen erhalten hatte. Beide Schattenblätter enthielten nur etwas mehr Stärke im Schwammparenchym.

Das kurze Gewitter um 4 h konnte keinen nennenswerten Einfluß auf die Assimilationstätigkeit der Pflanzen ausüben, zumal da kurz nachher wieder voller Sonnenschein herrschte und die Temperatur nur um 3° C zurückgegangen war. Die Schattenblätter zeigten erst jetzt eine nennenswerte Stärkezunahme. Die Palisadenzellen von *Fagus* zeigten von 6—11 h abends viel Stärke; sie hatten überdies einen großen Teil der neugebildeten Kohlehydrate zu den Sammelzellen und dem Schwammparenchym abgeleitet, so daß beide Gewebe sich allmählich füllten und 11 h abends ihren Maximalgehalt erreichten. Ähnlich verhielt es sich bei dem Schattenblatt von *Acer*. Deutlicher bemerkbar war die Stärkeauswanderung in der Zeit von 9—11 h abends bei den Sonnenblättern. Bei *Fagus* erreichte die erste Palisadenzellage um 6 h abends ihren Maximalgehalt und entleerte sich dann langsam. Das Schwammparenchym füllte sich mehr und mehr mit der ihm zugeleiteten Stärke und zeigte von 6—11 h „viel“ Stärke. Die Palisadenzellen der Blattunterseite verhielten sich wie die der Blattoberseite. Die Palisadenzellen des Sonnenblattes von *Acer* enthielten bis 6 h „viel“ Stärke; nachher überwog die Ableitung. Sammelzellen und Schwammparenchym füllten sich bis 6 h abends, zu welcher Zeit sie „sehr viel“ Stärke enthielten. Um 11 h abends hatten die Sammelzellen und die zweite Schwammparenchymschicht bereits einige Stärke wieder abgeleitet.

Bis um 5 h morgens verlieren nun alle Blätter einen Teil ihres Stärkegehaltes, und zwar am schnellsten die Palisadenzellen, am langsamsten das Schwammparenchym, wie dies die Tabellen zeigen.

Zwischen 5 und 7 h morgens setzte die Neubildung von Stärke wieder ein.

Wir sehen also — wie zu erwarten —, daß ein Unterschied in der Richtung der Wanderung der Stärke zwischen Sonnenblatt und Schattenblatt nicht besteht. Die Sonnenblätter, welche den Licht- und Temperaturschwankungen stark ausgesetzt sind, weisen auch in ihrem Stärkegehalt viel größere Schwankungen auf als die Schattenblätter. Dies liegt hauptsächlich daran, daß die nächtliche Entleerung der letzteren eine sehr unvollkommene ist.

4. *Eryngium planum* und *Polygonum bistorta.*

Mitte Juni 1914 wurden *Eryngium planum* und *Polygonum bistorta* untersucht. Der Tag war bis 9 h abends trübe; erst dann klärte es sich auf. Die Nacht war vollkommen klar, und von 5 h morgens an schien die Sonne. Die Temperatur stieg von 20° C zu Anfang der Untersuchung auf 28° C zwischen 12 und 3 h nachmittags, um dann in der Nacht bis auf 13° C um 3 h morgens zu sinken. Mit der aufgehenden Sonne trat eine erhebliche Erwärmung ein; um 7 h morgens war die Temperatur bereits auf 22° C gestiegen.

Das Assimilationssystem von *Eryngium planum* setzt sich aus einer Palisadenzellage, die ungefähr dreimal so hoch wie breit ist, einer Lage Sammelzellen von der gleichen Länge wie die Palisadenzellen, aber von einer bedeutenderen Breite als diese und fünf Lagen Schwammparenchymzellen zusammen. Die zweite und dritte Schicht des Schwammparenchyms besteht aus parallel zur Blattoberfläche gestreckten Zellen, während die übrigen Zellagen des Schwammparenchyms aus kugeligen Zellen bestehen. Bei *Polygonum bistorta* sind die Palisadenzellen nur zwei- bis zweieinhalbmal so hoch wie breit, die Sammelzellen sind ungefähr gleich groß wie die Palisadenzellen, zeigen aber trichterförmigen Bau. Jede Sammelzelle sitzt einer Schwammparenchymzelle im Querschnitte auf, der wiederum noch zwei Schwammparenchymzellen folgen. Die Interzellularen des Schwammparenchyms sind sehr groß und durchsetzen das ganze Schwammparenchym von oben nach unten, so daß dessen Zellen auf dem Querschnitt zu Fäden angeordnet erscheinen. Die Stärkeverteilung ergibt sich aus Tabelle IV.

Von 9—12 h vormittags befand sich in den Palisaden- und Sammelzellen von *Eryngium planum* jedenfalls infolge des vorherigen trüben Wetters keine Stärke.

Tabelle IV.

1. *Eryngium planum.* 15. VI. 1914.

Zeit		9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°		20,4	27,8	28,1	22,5	18,3	16,7	15,1	13,0	14,2	22,0
Bel. . .		Bedeckt					Klarer Himmel			Sonne	
P. Z. . .		0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
S. Z. . .		0	0	1	2	2	2	2	1	0	1
S. P.	1	1	0	2	3	2	1	0	1	0	0
	2	2	2	2	3	3	2	1	1	0	0
	3	2	2	3	3	2	2	2	2	1	0
	4	2	0	3	2	2	2	1	1	0	0
	5	1	0	2	2	1	1	1	0	0	0
Summe		8	4	14	16	13	10	8	7	1	2

2. *Polygonum bistorta.*

P. Z. . .		1	2	3	3	4	3	2	2	1	2
S. Z. . .		2	3	3	4	5	5	3	2	1	2
S. P.	1	1	2	3	3	4	3	4	2	2	1
	2	2	2	4	3	4	4	3	3	2	2
	3	2	2	3	3	3	3	3	2	1	1
Summe		8	11	16	16	20	18	15	11	7	8

Das Schwammparenchym hatte sogar seine Stärke teilweise abgeleitet. Die Beleuchtung reichte also nicht aus, um einen Überschuß an Kohlehydraten zu erzeugen.

Erst um 3 h nachmittags wurde die Assimilation so kräftig, daß es zur Ablagerung von Stärke in den Palisaden kam. Auch waren bereits Kohlehydrate mit ziemlicher Geschwindigkeit in die unteren Zellagen abgeleitet worden.

Bei dem trüben Wetter konnte es aber scheinbar zu keiner ausgiebigen Assimilation kommen; denn um 6 h abends war der Stärkegehalt nur um ein geringes erhöht.

Um 9 h abends begann die Ableitung, die zu einer fast vollkommenen Entleerung im Laufe der Nacht führte.

Zwischen 5 und 7 h morgens hatte die Pflanze bei guter Beleuchtung und Temperaturzunahme wieder zu assimilieren begonnen. Palisaden- und Sammelzellen zeigten schon „Spuren“ von Stärke.

Auffallend war der geringe Stärkegehalt während der ganzen Untersuchung. Wenn auch die Beleuchtung nicht gerade günstig war, so konnte man doch eine reichlichere Stärkebildung erwarten. Vielleicht läßt sich dieser geringe Stärkegehalt hauptsächlich auf einen starken Verbrauch der Pflanze zurückführen, welche zurzeit mehrere neue Blätter in unmittelbarer Nähe des untersuchten Blattes entwickelte.

Bei *Polygonum bistorta* gelangte zur Untersuchung eine Pflanze, welche bereits ausgewachsen war und in voller Blüte stand.

Ähnlich wie bei *Eryngium planum* füllen sich die einzelnen Gewebeschichten erst in der Zeit von 3 h nachmittags bis 9 h abends ausgiebiger mit Stärke. Aber während es bei *Eryngium* nicht zu nennenswerter Ablagerung kam, bildete *Polygonum* bedeutende Mengen von Stärke.

In der Nacht ging die Entleerung ziemlich schnell vor sich. Die Sammelzellen nahmen erst die aus den Palisadenzellen zugeleitete Stärke auf und enthielten daher 11 h abends noch „sehr viel“ Stärke. Um 1 h nachts hatten sie schon einen großen Teil ihres Gehaltes abgeleitet. Das Schwammparenchym behielt bis ca. 1 h nachts ziemlich unverändert seinen Stärkegehalt, gab also ebensoviel ab, wie es aufnahm; erst um 3 h morgens und noch vielmehr um 5 h überwog die Ableitung die Zuleitung.

Um 7 h morgens hatte kräftige Assimilation eingesetzt, welche bedeutendere Stärkeablagerung in den Palisaden- und Sammelzellen zur Folge hatte, während das Schwammparenchym noch etwas von seinem Stärkegehalt verlor.

5. *Cheiranthus cheiri, Pirus malus, Plantago maior.*

Im Juni 1914 wurden *Cheiranthus cheiri, Pirus malus, Plantago maior* untersucht. Den ganzen Tag und die Nacht über herrschte trübes Wetter mit strichweisem Regen; die Sonne kam nicht zum Vorschein. Da der anatomische Bau des Assimilationssystems dieser drei Pflanzen erhebliche Unterschiede aufweist, war es interessant, sie gemeinsam zu untersuchen. Die Standorte der Versuchspflanzen lagen derart, daß alle gleichen Außenbedingungen unterlagen.

Cheiranthus cheiri besitzt ein annähernd isolaterales Blatt, welches auf der Oberseite vier bis sechs Schichten, auf der Unterseite drei bis vier Schichten Palisadenzellen hat. Von den Palisadenzellen der Oberseite ist die oberste Schicht die kürzeste. Die Palisadenzellen der Blattunterseite sind bedeutend kürzer und loser gebaut als die der Oberseite. Zwischen den Palisadenzellen der Blattober- und Unterseite liegen drei Schichten Schwammparenchym in engem Anschluß sowohl an die oberen wie auch unteren Palisadenzellen. Die Interzellularen des Schwammparenchyms haben halbe bis gleiche Größe wie die Schwammparenchymzellen.

Pirus malus besitzt nur zwei Palisadenzellagen, deren Höhe sich zur Breite wie 3 : 1 verhält; die zweite Schicht ist etwas schmäler und zeigt ganz leichte Krümmung zu den Gefäßbündeln hin. Auf die Palisadenzellen folgen deutlich ausgebildete trichterförmige Sammelzellen in büscheliger Anordnung. Das Schwammparenchym bildet kein festes Zellnetz, sondern gleicht im Querschnitt einzelnen Perlschnüren, welche von den Sammelzellen zur Blattunterseite und zu den Gefäßbündeln hinführen. Man kann dabei fünf Zellagen unterscheiden; in Höhe der zweiten und dritten Schicht liegen meist die Gefäßbündel.

Plantago maior besitzt nur eine Palisadenzellschicht; die einzelnen Zellen sind nur ca. zweimal so hoch wie breit. Auf die Palisadenzellen folgt sogleich das Schwammparenchym in fünf Zelllagen mit kugeligen Zellen, deren Durchmesser gleich der Länge der Palisadenzellen ist.

Die Stärkeverteilung geht aus Tabelle V hervor. Die einzelnen Beobachtungen ergaben:

a) *Cheiranthus cheiri.*

Um 9 h zeigte das Palisadengewebe der Blattoberseite nur „Spuren“, in der untersten Schicht „wenig“ Stärke. Das Palisadengewebe der Unterseite war „stärkefrei“, nur die innerste Schicht enthielt „Spuren“.

Bis 12 h mittags ist reichlich assimiliert und mit großer Geschwindigkeit zum Schwammparenchym abgeleitet worden. Das Schwammparenchym hatte seinen Stärkegehalt in allen Zellagen um eine Einheit vermehrt.

Bis um 6 h schritt die Assimilation und damit die Ablagerung von Stärke stetig fort. Durch Ableitung füllte sich auch das Schwammparenchym mehr und mehr.

Tabelle V.

1. *Cheiranthus cheiri.* 23. VI. 1914.

Zeit		9	12	3	6	9	12	3	6
Temp. C°		15,3	22,8	23,5	20,2	14,7	13,4	11,0	14,3
Bel.		Trübes Wetter mit Regen							
o. P. Z.	1	1	1	2	3	2	1	0	0
	2	1	1	2	3	3	1	1	0
	3	1	2	2	2	3	3	1	0
	4	1	2	2	3	3	2	3	1
	5	2	2	3	3	3	3	3	2
S. P.	1	2	3	3	4	4	4	3	2
	2	3	4	5	5	5	4	4	3
	3	1	2	2	3	3	2	2	1
u. P. Z.	1	1	1	3	3	2	2	1	0
	2	0	1	2	2	2	1	1	0
	3	0	1	1	2	1	1	0	0
	Summe	13	20	27	33	31	24	19	9

2. *Pirus malus.*

P. Z.	1	1	2	2	3	2	2	0	0
	2	1	2	2	4	4	2	1	0
S. Z.		2	2	4	3	4	3	2	1
S. P.	1	0	2	3	3	3	4	2	2
	2	1	2	4	4	4	4	3	2
	3	3	3	4	5	5	4	4	3
	4	3	3	3	3	3	3	2	3
	5	2	2	3	3	2	1	0	1
	Summe	13	18	25	28	27	23	14	12

3. *Plantago major.*

P. Z.		3	4	5	5	4	3	3	2
S. P.	1	3	4	5	5	4	3	3	2
	2	3	5	5	5	5	4	4	3
	3	3	4	5	5	4	5	5	3
	4	4	4	5	5	4	4	4	4
	2	3	3	4	4	4	3	3	2
	Summe	19	24	29	29	25	22	22	16

Um 9 h abends zeigte sich der Beginn der Stärkeabnahme in den beiden subepidermalen Palisadenschichten.

Um Mitternacht sehen wir in fast allen Gewebeschichten eine merkliche Abnahme des Stärkegehaltes.

Um 6 h morgens hatten nur noch die letzten Schichten der oberen Palisadenzellen Stärke, die der Unterseite waren vollkommen stärkefrei. Das Schwammparenchym enthielt in der Mitte nur noch „mäßig", in der oberen Schicht „wenig" und in der unteren „Spuren" von Stärke.

Während der ganzen Untersuchung hatte sich die Leitparenchymscheide niemals entleert. Um 6 h morgens enthielt sie noch „mäßig" Stärke. In der übrigen Zeit schwankte ihr Gehalt zwischen „viel" und „sehr viel" Stärke.

b) *Pirus malus.*

Die erste Schicht der Palisadenzellen nahm bis 6 h abends an Stärkegehalt zu und leitete dann ihre Stärke verhältnismäßig schnell ab.

Die zweite Schicht der Palisadenzellen füllte sich ungefähr gleichzeitig mit Stärke an, erreichte aber um 6 und 9 h abends ein größeres Maximum als die erste Schicht; es müssen ihr also Stoffe zugeleitet worden sein. Sie entleerte sich dementsprechend auch erst später.

Die Sammelzellen waren Schwankungen unterworfen. Sie enthielten um 3 h nachmittags viel Stärke, gaben davon bis 6 h abends wieder etwas ab, um sich dann 9 h abends neuerdings durch Zuleitung zu füllen. Erst dann begann eine allmähliche Entleerung.

Das Schwammparenchym zeigte in der zweiten und dritten Schicht — den Schichten, welche mit den Gefäßbündeln ungefähr in gleicher Höhe liegen — die meiste Stärke. Der Maximalgehalt fand sich erst zwischen 6 und 9 h abends, also zu der Zeit, in der die Ableitung in den Palisaden beginnt.

c) *Plantago maior.*

Um 9 h morgens war das Blatt ziemlich stärkereich.

Um 3 h nachmittags waren alle Gewebeschichten, bis auf die unterste Schwammparenchym-Zellage, vollgepfropft von Stärke und blieben bis 6 h abends unverändert. Um 9 h abends setzte bereits eine stärkere Ableitung ein, die indessen zu keiner völligen Entleerung führte.

Vergleichen wir die drei Pflanzen miteinander, so fällt sofort der große Stärkegehalt bei *Plantago maior* an. *Plantago* besitzt das am wenigsten differenzierte Assimilationssystem. Nur eine Schicht Palisadenzellen ist vorhanden, welche auch nur doppelt so lang wie breit sind. Das Schwammparenchym ist zwar mächtig ausgebildet, besitzt aber keine Einrichtung, weder in Gestalt noch Anordnung, welche auf eine möglichst gute und schnelle Ableitung hindeuten könnte. Es ist also verständlich, daß sich die Assimilationsprodukte in den einzelnen Zellen anhäufen. — Zwischen *Cheiranthus cheiri* und *Pirus malus* tritt kein so deutlicher Unterschied hervor. Die Ausbildung und das Vorhandensein der Sammelzellen bei *Pirus* steht in Übereinstimmung mit der schnelleren Ableitung der Stärke ins Schwammparenchym. Auch *Cheiranthus*, dem die Sammelzellen fehlen, leitet schnell ab. Dies ist um so auffälliger, als bei *Cheiranthus* fünf bis sechs Palisadenzellagen der Oberseite und drei bis vier Palisadenzellschichten der Blattunterseite dem Schwammparenchym die Kohlehydrate zuführen, wogegen *Pirus* nur zwei Palisadenzellschichten auf der Blattoberseite hat. Es zeigt dies deutlich, daß zwar der anatomische Bau von großer Bedeutung für die Ableitungsgeschwindigkeit ist, diese aber auch noch von anderen Faktoren abhängt.

6. *Viburnum opulus* und *Ligustrum vulgare.*

Bei den folgenden Untersuchungen wurden Blätter im Hochsommer mit Blättern im Herbste, welche schon stellenweise gelbe Flecken aufwiesen, verglichen. Als Versuchsobjekte dienten *Viburnum opulus* und *Ligustrum vulgare.* Im Sommer war der Untersuchungstag, der 19. Juni, ein trüber Tag; der Himmel war dicht mit grauen Wolken verhangen, strichweise ging Regen nieder. Bei den Untersuchungen im Herbst, am 3. Oktober, wollte ich möglichst gleiche Beleuchtung heranziehen; doch änderte sich das Wetter plötzlich am späten Nachmittage. Bis um ca. 4 h war wiederum trübes Wetter mit strichweisem Regen, dann klärte der Himmel sich aber auf, so daß von 6 h abends an klares Wetter herrschte. Auf das Ergebnis hatte der Unterschied in der Beleuchtung keinen Einfluß, wie die nachstehenden Angaben erkennen lassen.

Das Assimilationssystem von *Viburnum opulus* besteht aus einer Schicht Palisadenzellen, bisweilen Armpalisaden, deren Länge zur Breite sich wie 2 : 1 verhält. Es folgen dann vier Schwamm-

parenchymschichten; die oberste Schicht ist ungefähr so lang wie breit, die drei unteren sind längs gestreckt, schmaler als die Palisadenzellen und ungefähr ebenso lang wie diese. Das Schwammparenchym weist sehr große Interzellularen auf.

Ligustrum vulgare besitzt zwei Palisadenschichten, deren Zellen sehr schmal sind, so daß sich ihre Länge zur Breite wie 6 : 1, bezw. 5 : 1 verhält. Es folgt eine Schicht trichterförmiger Sammelzellen und drei bis vier Schichten kleiner kugeliger Schwammparenchymzellen. Oberhalb des Gefäßbündels fehlt jeweilig die zweite Palisadenschicht, die Sammelzellen stehen hier direkt auf der Leitparenchymscheide.

Zunächst sei die Stärkeverteilung im Sommer geschildert (Tabelle VI).

Bis $^1/_2$3 h nachmittags war bei *Viburnum opulus* der Stärkegehalt in den Palisadenzellen und dem Schwammparenchym auf „viel" gestiegen, der der Leitscheide auf „mäßig". Die dritte Schwammparenchymschicht hatte einen Teil ihres Gehaltes an die Leitscheide abgegeben.

Um 5 h nachmittags und $^1/_2$8 h abends hatte der Stärkegehalt des Blattes weiterhin zugenommen. Die Zunahme vollzieht sich im Schwammparenchym und in der Leitscheide, die vorübergehend der vierten Schwammparenchymschicht Stärke entzieht.

Um 10 h abends finden wir in den Palisadenzellen etwas weniger Stärke, das Schwammparenchym dagegen ist in den drei oberen Schichten ganz damit gefüllt. Auch die Leitparenchymscheide hatte ihren Maximalgehalt erreicht, ebenso das Blatt als Ganzes betrachtet. Die Ableitung ging sehr langsam vor sich und setzte deutlich erst um 4 h morgens ein.

Bei Abschluß der Untersuchung um 8 h morgens hatte die Assimilation in den Palisadenzellen wieder eingesetzt.

Ligustrum vulgare zeigte zu Beginn der Untersuchung um $^1/_2$10 h vormittags weniger Stärke. Erst um $^1/_2$3 h nachmittags war es zu bedeutender Ablagerung von Stärke gekommen, die dann bis $^1/_2$8 h abends nur mehr wenig stieg. Die Leitparenchymscheide hatte erst um 5 h ihren Maximalgehalt erreicht und behielt diesen bis 10 h abends.

Von nun ab setzte ein bedeutende Steigerung der Ableitung ein, die wieder bei den Palisadenzellen begann. Bereits um 6 h morgens begann bei *Ligustrum vulgare* die Neubildung die Ableitung wieder zu übersteigen. Wir sehen also bei *Ligustrum*

vulgare das gleiche Bild wie bei *Viburnum opulus*, nur kann der Liguster die neugebildete Stärke viel rascher ableiten, was mit der besseren Ausbildung des Assimilationssystems durch die trichterförmigen Sammelzellen übereinstimmt.

Tabelle VI.

1. *Viburnum opulus.* 19. VI. 1913.

Zeit	1/2 10	12	1/2 3	5	1/2 8	10	12	2	4	6	8
Temp. C°	23,9	26,3	26,8	25,2	22,9	17,8	15,4	14,6	14,4	15,8	21,4
Bel.	Bedeckter Himmel mit strichweisem Regen										
P. Z.	2	3	4	4	4	3	2	2	1	0	1
S. P. 1	3	3	4	5	5	5	4	3	2	1	2
S. P. 2	3	3	4	4	5	5	5	4	3	2	3
S. P. 3	4	5	4	4	4	5	5	5	4	3	3
S. P. 4	3	3	4	3	3	4	4	3	2	1	2
L. P.	3	2	3	4	5	5	5	5	5	4	4
Summe	18	19	23	20	26	27	25	22	17	11	15

2. *Ligustrum vulgare.*

P. Z.	1	2	3	3	3	2	1	0	0	1	1
S. Z.	2	3	3	3	3	2	2	1	0	1	2
S. P. 1	2	3	4	4	4	3	3	2	1	2	1
S. P. 2	2	2	4	4	5	3	3	3	2	2	1
S. P. 3	2	2	3	4	4	3	2	1	0	1	1
L. P.	3	3	4	5	5	5	4	3	3	2	3
Summe	12	15	21	23	24	18	15	10	6	9	9

Die im Herbst untersuchten Blätter beider Pflanzen zeigten zu keiner Tages- oder Nachtzeit einen Unterschied in ihrem Stärkegehalt und in der Stärkeverteilung innerhalb der einzelnen Gewebeschichten. Blattstückchen, welche um 12 h mittags untersucht wurden, unterschieden sich durch nichts von den um 12 h nachts untersuchten. Während die Blätter im großen und ganzen einen

stärkefreien Eindruck machen, findet man aber doch wahllos verteilt kleine Anhäufungen von Stärke meist im Schwammparenchym, seltener in der Leitscheide und noch seltener im Palisadengewebe oder den Sammelzellen. Diese stärkereichen Stellen beschränken sich nun nicht, wie man zunächst annehmen möchte, auf die noch grünen Stellen der Blätter, sondern kommen ebenso häufig in vollkommen gelben Blattstellen vor. Neubildung von Kohlehydraten war ebenso wenig festzustellen wie Ableitung. Wir sehen also, daß das Blatt, obwohl es noch fest am Stamm hängt, bereits die Fähigkeit zur Stärkebildung verloren hat.

7. *Hedera helix.*

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei wintergrünen Pflanzen, wie z. B. *Hedera helix.*

Hedera helix besitzt zwei Schichten typischer Palisadenzellen, welche ungefähr drei- bis viermal so lang wie breit sind. Unter den Palisadenzellen liegt eine Schicht isodiametrischer Zellen, welche nur selten die Form von Trichterzellen erreichen und auch nicht als typische Sammelzellen angesprochen werden können. Das Schwammparenchym besteht aus vier Reihen kleiner rundlicher Zellen außer den oben beschriebenen Zellen, welche wir als oberste Schicht des Schwammparenchyms rechnen müssen.

Bei der guten Beleuchtung und Temperatur (siehe Tabelle VII) assimilierte das Blatt stark; es kam zunächst zu bedeutenden Stärkeablagerungen vorerst in den oberen Schichten, am späten Nachmittag auch im Schwammparenchym. Der Maximalgehalt an Stärke war um 8 h abends erreicht.

Von 10 h abends an entleerten sich die Palisadenzellen langsam. Bis dahin behielt das Schwammparenchym in allen Lagen sehr viel Stärke; erst um 12 h nachts hatte es in der ersten und den beiden letzten Lagen etwas von seinem Gehalt verloren. Die Entleerung des Blattes schritt von 12 h ab stetig weiter fort, doch kam es nicht zur völligen Entleerung.

Um 8 h früh hatte die Assimilationstätigkeit der Pflanze wieder begonnen, wobei sich die erste Palisadenschicht etwas anfüllte. Hingegen schritt im Schwammparenchym die Ableitung noch fort.

Im Januar untersuchte ich an einem klaren, sehr kalten Tage wiederum *Hedera helix* zu gleichen Zeiten. Die Sonne ging erst um 8 h morgens auf und bereits um $^1/_4$ 5 h unter. Das Blatt war

direkter Insolation ausgesetzt. Die Temperatur schwankte während der Untersuchung zwischen 2° und 5° Kälte. Die Schnitte zeigten zu keiner Tages- und Nachtzeit einen Unterschied in ihrem Stärkegehalt und in der Verteilung desselben. Meist enthielten die Blätter in der ersten Palisadenschicht „keine" Stärke, in der zweiten Palisadenschicht nur selten „Spuren" von Stärke. Die ersten vier Schichten des Schwammparenchyms hatten „mäßig" Stärke, die unterste „wenig". Bei Untersuchung weiterer Blätter stellte es sich aber heraus, daß einige Blätter bedeutend mehr Stärke im Mesophyll enthielten, einige wiederum fast stärkefrei waren, ohne aber im Laufe der Untersuchung ihren Gehalt irgendwie zu verändern. Anscheinend ist also bei dieser niederen Temperatur sowohl Neubildung als auch Ableitung der Stärke vollkommen unterbunden. Ob die Blätter überhaupt assimilierten, kann mit meiner Methode nicht entschieden werden. Daß im Winter keine oder sehr geringe Stärkebildung eintritt, hat auch v. Guttenberg an immergrünen Laubblättern der Mediterranflora beobachtet, ebenso daß in kalten Nächten nur eine teilweise Auswanderung der Stärke vor sich geht. Letzteres gibt auch Sachs für einige Pflanzen unserer Flora an.

Tabelle VII.

Hedera helix. 18. VII. 1914.

Zeit		10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8
Temp. C°		23,8	27,4	29,4	28,5	25,4	21,0	18,1	16,8	15,3	14,6	15,7	20,2
Bel.		Sonne					Klarer Himmel					Sonne	
P. Z.	1	2	3	4	4	4	4	3	3	2	1	1	2
	2	2	3	4	5	5	5	4	4	2	1	1	1
S. P.	1	1	1	2	3	4	5	5	4	3	2	2	1
	2	2	2	2	4	5	5	5	5	4	3	3	2
	3	2	2	3	4	5	5	5	5	5	4	3	3
	4	3	2	3	4	5	5	5	4	4	3	3	2
	5	2	2	3	4	5	5	5	4	3	2	2	2
Summe		14	15	21	28	33	34	32	29	23	16	15	13

Im folgenden bringe ich noch die Ergebnisse einiger weiterer Untersuchungen, ohne mich aber auf genaue Einzelbeschreibung einzulassen. Die beigefügten Tabellen und die kurze Beschreibung des anatomischen Baues des Assimilationssystems geben ein klares Bild von der Art der Wanderung der Stärke, die sich in nichts Wesentlichem von den vorher beschriebenen Ergebnissen unterscheidet.

8. *Jasminum officinale.* (Tabelle VIII, 1.)

Jasminum officinale hat nur eine Palisadenschicht, deren Zellen ca. vier- bis fünfmal so lang wie breit sind. Über dem Gefäßbündel

Tabelle VIII.

1. *Jasminum officinale.* 23. VII. 1913.

Zeit	9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°	19,1	21,7	21,6	19,4	17,5	15,6	15,4	16,1	19,0	19,0
Bel. . .	Leicht bedeckt, mit wenig Sonne am Tage									
P. Z. . .	1	2	3	3	2	2	1	0	0	1
S. Z. . .	1	2	3	4	4	3	3	1	0	0
S. P. 1.	1	2	3	3	4	5	4	2	2	1
S. P. 2.	2	2	3	4	5	5	5	4	3	3
S. P. 3.	2	3	3	4	4	4	4	3	3	2
S. P. 4.	0	1	2	3	3	3	2	2	1	1
Summe	7	12	17	21	22	22	19	12	9	8

2. *Centaurea cyanus.*

o. P. Z. 1	1	2	2	3	2	2	1	1	0	0
o. P. Z. 2	1	2	2	3	2	2	2	1	1	0
S. P. 1 .	1	2	3	4	4	4	3	3	2	1
S. P. 2 .	0	2	3	4	4	4	3	2	2	1
u. P. Z. 1	0	3	1	2	3	3	2	2	1	0
u. P. Z. 2	0	1	2	2	3	2	1	1	0	0
Summe	3	12	13	18	18	17	12	10	6	2

werden die Palisadenzellen bedeutend kürzer; teilweise grenzt das Gefäßbündel an die obere und untere Epidermis. Die Sammelzellen sind kugelig, bisweilen trichterförmig, auf je einer Sammelzelle stehen zwei bis drei Palisadenzellen. Das Schwammparenchym besteht aus drei bis vier Schichten; die Zellen sind parallel zur Oberfläche des Blattes gestreckt und annähernd von gleicher Größe wie die Palisadenzellen. Stärkemaximum von 6 bis 11 h abends.

9. *Centaurea cyanus.* (Tabelle VIII, 2.)

Centaurea besitzt ein isolaterales Blatt. Das Assimilationssystem besteht aus zwei Schichten Palisadenzellen auf der Blattoberseite, deren Länge sich zur Breite wie 3 : 1 verhält, zwei gleichgebauten Palisadenschichten auf der Blattunterseite und einem zweischichtigen Schwammparenchym. Die Zellen der zweiten, inneren Palisadenschicht sowohl der Blattoberseite wie der Blattunterseite zeigen eine ganz leichte Krümmung zum Gefäßbündel hin; zwischen ihnen treten große Interzellularen auf, so daß die Zellen auf dem Querschnitt isoliert stehen.

10. *Symphoricarpus racemosa.* (Tabelle IX.)

Symphoricarpus racemosa besitzt nur eine Schicht Palisadenzellen, welche ca. vier- bis fünfmal so lang wie breit sind. Unter den Palisadenzellen liegt eine Schicht sehr locker gebauter Zellen, welche größtenteils als Sammelzellen angesprochen werden können.

Tabelle IX.

Symphoricarpus racemosa. 2. X. 1919.

Zeit . . .	9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°	9,9	10,2	9,7	8,4	6,5	5,6	5,4	5,3	6,1	7,5
Bel. . . .	Trüber kalter Herbsttag									
P. Z. . . .	0	1	2	3	2	2	1	1	0	0
S. Z. . . .	0	0	2	2	3	3	2	2	1	0
S. P. 1	2	2	2	3	3	4	4	4	3	3
S. P. 2	2	1	2	2	3	4	3	3	3	2
Summe	4	4	8	10	11	13	10	10	7	5

Unter den Sammelzellen liegen noch zwei Schichten schlauchartiger Parenchymzellen, welche parallel zur Blattoberfläche gestreckt sind und ungefähr gleiche Größe wie die Palisadenzellen haben. Palisadenzellen sowohl wie Schwammparenchym und Sammelzellen weisen sehr große Interzellularen auf.

Die Pflanze wurde untersucht, als sie bereits die ersten Früchte trug. Stärkemaximum 11^h nachts.

11. *Deutzia scabra.* (Tabelle X, 1.)

Die Palisadenzellen von *Deutzia* sind ca. fünfmal so lang wie breit, bilden nur eine Zellschicht und weisen reichlich Interzellu-

Tabelle X.

1. *Deutzia scabra.* 30. VI. 1914.

Zeit . . .		9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°		15,6	19,7	20,5	22,3	19,1	17,6	17,2	16,8	16,3	17,6
Bel. . . .		Regen			Sonne		Klarer Himmel				
P. Z. . . .		1	1	2	4	4	3	2	2	1	1
S. P.	1	0	2	3	4	5	5	4	3	2	1
	2	2	2	3	3	5	5	4	4	3	2
	3	3	2	3	3	4	5	5	4	3	3
	4	1	2	2	3	3	3	3	2	1	1
Summe		7	9	13	17	21	21	18	15	10	8

2. *Ulmus effusa.*

o. P. Z.	1	1	2	3	3	3	2	1	0	0	1
	2	1	2	3	3	3	2	1	0	0	1
S. Z. . . .		2	2	3	4	4	3	3	2	1	0
S. P.	1	0	2	3	4	5	5	4	2	2	1
	2	2	2	3	4	5	5	4	3	3	2
	3	1	2	2	3	4	4	2	2	1	1
u P. Z. . .		0	1	1	2	2	2	1	1	1	0
Summe		7	13	18	23	26	23	16	10	8	6

laren zwischen sich auf. Auf das Palisadengewebe folgt ein vierschichtiges Schwammparenchym, welches sich im Gegensatz zu den Palisadenzellen aus ziemlich kleinen, dichten Zellen zusammensetzt. Stärkemaximum 9—11 h nachts.

12. *Ulmus effusa* Willd. (Tabelle X, 2.)

Ulmus besitzt auf der Blattoberseite zwei Schichten Palisadenzellen, welche dreimal so lang wie breit sind, auf der Blattunterseite Palisadenzellen vom Längenverhältnis 2 : 1, welche vereinzelt

Tabelle XI.

1. *Rosa.* 15. V. 1913.

Zeit . . .	9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°	16,6	20,3	21,0	19,0	13,9	11,9	9,8	7,6	7,7	11,4
Bel. . . .	Bedeckter Himmel mit strichweisem Regen									
P. Z. . . .	1	3	4	4	3	2	2	1	0	1
S. Z. . . .	1	3	4	4	4	3	3	2	2	1
S. P. 1	2	2	4	4	5	5	3	3	2	2
S. P. 2	3	2	3	4	5	5	4	3	3	2
S. P. 3	2	2	3	3	4	5	3	3	2	2
S. P. 4	1	0	2	3	4	3	2	2	2	1
L. P. . . .	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4
Summe	14	16	24	27	30	28	21	18	15	13

2. *Digitalis purpurea.*

P. Z. . . .	1	2	3	3	3	3	2	2	0	0
S. P. 1	1	2	3	3	4	4	4	3	2	1
S. P. 2	2	2	3	4	4	5	4	4	3	2
S. P. 3	1	1	2	2	3	3	3	2	2	1
Summe	5	7	11	12	14	15	13	11	7	4

stehen mit sehr großen Interzellularräumen zwischen sich. Den Palisadenzellen der Blattoberseite folgt eine Schicht Sammelzellen in büscheliger Anordnung zum Gefäßbündel hin, und auf die Sammelzellen folgen drei Lagen kugeliger, zuweilen auch schlauchartig längsgestreckter Schwammparenchymzellen. Stärkemaximum 9^h abends.

13. *Rosa*. (Tabelle XI, 1.)

Rosa besitzt eine Schicht enger Palisadenzellen, welche ca. vier- bis fünfmal so lang wie breit sind. Die Palisadenzellen stehen auf ähnlich gebauten Sammelzellen, welche aber stets zwischen sich sehr große Interzellularen freilassen und sich leicht zum Gefäßbündel hin neigen. Die Sammelzellen sitzen dem vierschichtigen Schwammparenchym auf, welches in der zweiten und dritten Schicht lange, parallel zur Blattoberfläche gestreckte Parenchymzellen besitzt. Stärkemaximum 9^h abends.

14. *Digitalis purpurea*. (Tabelle XI, 2.)

Auch *Digitalis* besitzt nur eine Lage Palisadenzellen, deren Länge sich zur Breite wie 4 : 1 verhält. Das Palisadengewebe grenzt direkt an das Schwammparenchym, welches aus drei bis vier Schichten kugeliger Zellen mit reichlichen Interzellularen besteht.

Die Pflanze stand in voller Blüte. Stärkemaximum zwischen 9 und 11^h nachts.

15. *Papaver rhoeas*. (Tabelle XII.)

Papaver hat einen ähnlichen Bau wie *Rosa*. Nur finden wir bei *Papaver rhoeas* zwei Schichten Palisadenzellen, die drei- bis viermal so lang wie breit sind. Die zweite Schicht ist meist etwas kürzer als die erste und leicht zum Gefäßbündel hin geneigt. Unter dem Palisadengewebe liegen die Sammelzellen in büscheliger Anordnung deutlich zum Gefäßbündel hin geneigt. Ihre Länge verhält sich zur Breite wie 2 : 1. Zwischen zwei benachbarten Gefäßbündeln verläuft das Schwammparenchym in vier zur Oberfläche parallel gestreckten, langen Parenchymzellschichten.

Der Untersuchungstag war heiß. Die Pflanze, welche mehrere Knospen und Blätter anlegte, war in der Mittagszeit dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt. Stärkemaximum 9—11^h nachts.

Tabelle XII.

Papaver rhoeas. 15. VII. 1914.

Zeit . . .		9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°		26,6	30,8	33,0	28,8	26,8	23,2	19,8	18,1	17,8	21,4
Bel. . . .		Sonne				Klar			Bedeckt		
P. Z.	1	2	3	2	3	4	3	2	1	0	1
	2	2	2	3	4	4	4	3	2	0	0
S. Z. . . .		1	3	3	4	3	3	3	3	2	0
S. P.	1	2	2	3	4	4	4	3	3	2	2
	2	1	2	2	4	5	5	4	3	4	2
	3	2	2	2	3	5	5	5	4	4	3
	4	1	2	2	3	3	4	3	3	2	1
L. P. . . .		3	3	3	4	4	5	4	4	4	3
Summe		14	19	20	29	32	33	27	23	18	12

16. *Fragaria elatior.* (Tabelle XIII.)

Fragaria elatior besitzt eine Schicht Palisadenzellen, welche viermal so lang wie breit sind. Es folgt eine Sammelzellschicht mit trichterförmigen Zellen und kleinen Interzellularen. Das Schwammparenchym ist vierschichtig. Die beiden äußeren Schichten bestehen aus kugeligen Zellen, die beiden inneren Zellagen aus parallel zur Oberfläche gestreckten Zellen mit reichlichen, großen Interzellularen.

Die Pflanze wurde nach Abnahme der reifen Früchte untersucht. Stärkemaximum 11 h nachts.

17. *Ptelea trifoliata.* (Tabelle XIV.)

Ptelea trifoliata besitzt auf der Oberseite des Blattes eine langgestreckte Palisadenschicht vom Längenverhältnis 5 : 1, auf der Blattunterseite eine Palisadenschicht kurzer Zellen vom Längenverhältnis 2 : 1, welche teils isoliert, teils zu drei bis vier zusammenstehen. Zwischen beiden Palisadenschichten befinden sich fünf bis sechs Lagen kleiner, kugeliger Schwammparenchymzellen. Stärkemaximum 6 h abends, fast völlige Auswanderung nachts.

Tabelle XIII.

Fragaria elatior.

Zeit	9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°	22,8	27,2	27,9	25,7	19,8	15,7	14,9	13,5	12,2	16,1
Bel. . .	Klares Sonnenwetter.					Klar und Kühl.				
P. Z. . .	2	3	4	4	3	3	2	2	1	1
S. Z. . .	2	2	3	4	4	5	4	3	3	2
S. P. 1	2	2	3	3	4	5	4	3	3	3
S. P. 2	1	2	3	4	5	5	5	5	4	3
S. P. 3	1	1	3	4	5	5	5	4	3	3
S. P. 4	0	1	2	3	3	3	3	2	1	1
Summe	8	11	18	22	24	26	23	19	15	13

Tabelle XIV.

Ptelea trifoliata. 10. VI. 1914.

Zeit	9	12	3	6	9	11	1	3	5	7
Temp. C°. . . .	16,0	15,8	15,2	15,6	15,1	14,7	13,4	11,5	11,2	13,5
Bel.	Dunkle Wolken mit Regen									
o. P. Z.	1	2	3	3	2	1	0	0	0	1
S. P. 1 . . .	1	2	3	3	2	1	1	0	0	0
S. P. 2 . . .	1	2	2	3	3	2	1	0	0	0
S. P. 3 . . .	1	2	3	4	4	3	2	2	2	1
S. P. 4 . . .	1	2	3	4	4	3	2	2	2	1
S. P. 5 . . .	1	2	2	2	3	2	1	1	0	1
u. P. Z.	0	1	1	2	2	2	1	1	0	0
Summe	6	13	17	21	20	14	8	6	4	4

Abschnitt III.

Schlußbetrachtungen.

Aus den beschriebenen Untersuchungen geht im allgemeinen hervor, daß die Stärke des Morgens zuerst in den Palisadenzellen auftritt, sich dort allmählich immer mehr anhäuft und am frühen Nachmittag ein Maximum erreicht, das bis zum Abend anhält. Fast gleichzeitig füllt sich die darunter liegende Gewebeschicht, also die Sammelzellen, oder die erste Schwammparenchymschicht. Bald darauf zeigen auch die tieferen Schichten des letztgenannten Gewebes eine Zunahme des Stärkegehalts. In den späteren Nachmittags- und den ersten Nachtstunden sind seine Zellen ganz mit Stärke angefüllt und übertreffen darin die Palisadenzellen meist beträchtlich. Dieser Vorgang der Stärkeanhäufung dauert so lange, bis der Abbau der Stärke die Neubildung überwiegt. Wir sehen, wie sich zuerst allmählich die Palisadenzellen entleeren, dann sukzessive die Sammelzellen bezw. das Schwammparenchym. Die Leitparenchymscheide enthält am längsten Stärke.

Von besonderer Wichtigkeit für uns ist, daß das Schwammparenchym seinen Maximalgehalt an Stärke vielfach erst zwischen 8 und 10 h abends aufweist, also zu einer Zeit, in der die Assimilationstätigkeit der Blätter durch den Lichtmangel bereits unterbunden ist. Diese Füllung des Schwammparenchyms kann demnach gar nicht anders als durch Zuleitung von Assimilaten aus den oberen Zellschichten erklärt werden.

Die Untersuchungen zeigen also deutlich, daß die Assimilate, speziell die Stärke — diese unter wiederholtem Ab- und Aufbau —, von den Palisadenzellen über die Sammelzellen und das Schwammparenchym zu den Leitparenchymscheiden wandern, wie dies Haberlandt auf Grund des anatomischen Baues gefolgert hat, und nicht etwa innerhalb der einzelnen Gewebeschichten (Palisadenzellen, Sammelzellen usf.) von der Blattspitze zur Basis.

Haberlandt hat den Satz aufgestellt, daß die Streckungsrichtung der Zellen auf die Richtung der Wanderung hindeute. Und in der Tat wandern die Kohlehydrate z. B. in den Palisaden- und Sammelzellen in der Längsrichtung der Zellen. Es ist klar, daß die Streckung der Zellen in der Richtung der Wanderung diese beschleunigen muß, da dann weniger Querwände zu passieren sind. Jede Zellwand beeinträchtigt aber naturgemäß die Wanderung,

da jedesmal die Stärke aufgelöst und in Transportstoffe umgewandelt werden muß, um von einer Zelle in die nächst untere zu gelangen. Nach dem Gesagten war anzunehmen, daß die Pflanzen, bei denen die Palisadenzellen erheblich länger als breit sind, ihre Stärke besser ableiten als diejenigen, bei denen kein so großer Unterschied in der Länge und Breite der Palisadenzellen besteht. Vergleichen wir deshalb Pflanzen verschiedenen anatomischen Baues, die unter gleichen Außenbedingungen untersucht wurden, z. B. *Ligustrum vulgare* mit *Viburnum opulus* (Tabellen VI, 2 u. 1) oder *Cheiranthus cheiri* und *Pirus malus* mit *Plantago maior* (Tabellen V, 1, 2, 3). Die langsamere Auswanderung der Stärke aus den unvollkommener gebauten Blättern (*Viburnum* und *Plantago*) ist hier unverkennbar. Das gleiche finden wir bei den Palisadenzellen der Blattunterseite, die fast nie so lang wie die der Blattoberseite sind. An und für sich assimilieren die Palisadenzellen der Unterseite schon geringer infolge der minderen Beleuchtung; aber auch die wenigen Assimilationsprodukte leiten sie nicht so schnell ab wie die Palisadenzellen der Blattoberseite. Noch ein weiteres Beispiel liefern uns die Schattenblätter im Vergleich zu den Sonnenblättern. Bei *Acer pseudoplatanus* hat das Sonnenblatt doppelt so lange Palisadenzellen wie das Schattenblatt; obwohl es infolge günstigerer Beleuchtung stärker assimiliert als dieses — nach Stålfelt (31) assimiliert das Schattenblatt nur 60% der Menge im Sonnenblatt —, leitet es trotzdem seine Kohlehydrate schneller ab. Um nun nicht gar zu lange Zellen zu erhalten, was auch seine Nachteile hätte, legt die Pflanze oft mehrere Zellagen von Palisadenzellen an. So finden wir z. B. bei dem Sonnenblatt von *Fagus silvatica* zwei bis drei Palisadenschichten auf der Oberseite, während das Schattenblatt nur eine Palisadenzellschicht besitzt; das Palisadengewebe des Sonnenblattes ist also zwei- bis dreimal so dick wie das des Schattenblattes. Trotzdem entleert sich auch hier das Palisadengewebe des Sonnenblattes schneller als das des Schattenblattes (vgl. Tabellen III, 1 u. 2). Da hier im Sonnenblatt mehr Querwände zu passieren sind als im Schattenblatt, dürften indessen noch andere Faktoren für die Ableitungsgeschwindigkeit von Bedeutung sein. Ähnliches wie für die Palisadenzellen gilt auch für die Sammelzellen. Überall, wo diese typisch ausgebildet sind, also langgestreckte Trichterform besitzen, erfolgt eine rasche Entleerung.

Im allgemeinen kann man daher sagen: je länger die Palisadenzellen und je besser die Sammelzellen ausgebildet sind, um so schneller erfolgt die Wanderung der Kohlehydrate.

Von anderen Ergebnissen der Untersuchungen sei die Erscheinung erwähnt, daß die Blätter ihren Maximalgehalt an Stärke nicht in der Mittagszeit erreichen, sondern erst am späten Nachmittag oder Abend. Besonders gut läßt sich dies erkennen, wenn wir die in den Tabellen enthaltenen Werte addieren. Das Maximum des Stärkegehaltes tritt also nicht dann auf, wenn Temperatur und Beleuchtung am günstigsten sind, sondern später. Wir müssen uns aber dabei vor Augen halten, daß die Stärke kein Ausdruck der gesamten Assimilation ist, sondern nur den Niederschlag einer erhöhten Assimilationstätigkeit darstellt. Daraus, daß abends der Stärkegehalt am größten ist, darf also durchaus nicht geschlossen werden, daß um diese Zeit die Assimilationstätigkeit am stärksten ist. Wie ist diese späte Stärkeanhäufung zu erklären, die auch Alexandrov (3) beobachtet hat? Tollenaar gibt an, daß in stärkefreien Blättern schon nach wenigen Minuten starker Belichtung Stärke nachzuweisen ist. Also kann die chemische Umwandlung der gelösten direkten Assimilate zu Stärke nicht so verzögernd wirken, daß noch zu einer Zeit Stärke gebildet wird, in der infolge geringer Beleuchtung und Spaltöffnungsschlusses die Assimilation sicher aufgehört hat. Vielleicht trifft aber folgende Vorstellung das Richtige. Bei Beginn der Dämmerung wandern die löslichen Assimilate der peripheren Assimilationszellen, also besonders der Palisaden, in tiefere Schichten, ohne daß zunächst die Stärke in ihnen gelöst wird. Also behielten die Palisaden noch eine Zeitlang ihre Stärke, und die Anhäufung von löslichen Assimilaten im Schwammparenchym führt zu einer weiteren Bildung von Stärke; das müßte die Gesamtstärkemenge des Blattes erhöhen. Es scheint ja überhaupt der Aufbau der Stärke rascher vor sich zu gehen als ihr Abbau. Dazu kommt, daß die nächtliche Ableitung der gelösten Assimilate in Blattstiel und Stamm bei der niederen Temperatur wohl langsamer vor sich geht als tagsüber.

Daß bis zu einem gewissen Optimum höhere Lichtintensität und Temperatur die Assimilation fördern, ist durch zahlreiche Untersuchungen erwiesen. Auch aus meinen Versuchen geht dies vielfach hervor. Im Sommer haben vorübergehende Schwankungen von Lichtintensität und Temperatur deutlichen Einfluß. Betrachten wir das Ergebnis bei *Syringa vulgaris* (Tabelle II). Wir sehen hier, daß die Assimilationstätigkeit der Pflanze infolge des Gewitters, der damit verbundenen Abkühlung und des hinterher eingetretenen kühlen Wetters erheblich nachgelassen hat. Schon um 2 h nach-

mittags wird das Stärkemaximum annähernd erreicht. Daß bei niedrigen Temperaturen sowohl Neubildung als auch Ableitung der Stärke unterbleibt, sehen wir auch bei den Herbstuntersuchungen von *Ligustrum vulgare* und *Viburnum opulus* sowie der Winteruntersuchung von *Hedera helix*. Einen weiteren Beweis für den Licht- und Wärmeeinfluß auf die Assimilation liefern die Untersuchungen an Sonnen- und Schattenblättern. Die Schattenblätter sind infolge ihrer geschützten Lage im Innern der Baumkrone nicht so hohen Licht- und Wärmeintensitäten ausgesetzt wie die Sonnenblätter; infolgedessen assimilieren sie auch nicht so kräftig wie diese und bilden weniger Stärke. Auch der Unterschied im Stärkegehalt bei den Palisadenzellen der Blattoberseite gegenüber denen der Blattunterseite (vgl. Tabellen III, V, 1, VIII, 2 u. XIV) ist wohl in erster Linie auf den Unterschied in der Beleuchtung zurückzuführen.

Von wie großer Bedeutung für die Stärkebildung der Bedarf der Pflanze an Assimilaten ist, hat Goos (7) in einem sehr anschaulichen Experiment gezeigt. Er entfernte oder verdunkelte alle Blätter eines Zweiges bis auf ein Blatt und beobachtete hierbei, daß die gebildeten Assimilate dieses einzelnen Blattes viel schneller auswandern und daß weniger Stärke gebildet wird. Das gleiche sehen wir bei den vorliegenden Untersuchungen überall dort, wo die äußeren Lebensbedingungen einen großen Bedarf an Assimilaten vermuten lassen. Am auffallendsten tritt dies in Erscheinung bei der Untersuchung der drei verschieden alten Blätter von *Syringa chinensis*. Das jüngste Blatt braucht zum eigenen Wachstum und infolge der nahen Vegetationsspitze am meisten Assimilate, es kommt daher in ihm zur geringsten Stärkebildung.

Von vielen Forschern ist die Beobachtung gemacht worden, daß die Blätter zur Mittagszeit, also zur Zeit bester Beleuchtung und Temperatur, eine geringere Assimilationstätigkeit zeigen; es werden mannigfache Gründe hierfür angeführt. So sieht Haberlandt (9) die Ursache in der Profilstellung der Chlorophyllkörner, Steinberger (33) und Kostytschew (17) in dem frühzeitigen Spaltöffnungsschluß, letzterer auch in der gehemmten Ableitung. Livingston und Brown (18) glauben an einen Einfluß des mittäglichen Wasserverlustes, besonders der Entquellung der Zellmembranen. Die vorliegenden Untersuchungen können infolge der dabei verwendeten Methode keinen Aufschluß über den Grund der verringerten Assimilationstätigkeit zu gewissen Tagesstunden geben, aber auch die Tatsache dieser Erscheinung lassen sie nicht erkennen.

Verringerte Assimilation muß aber durchaus nicht sofortige Stärkeabnahme zur Folge haben. Nach Kostytschew wird mittags zunächst die Ableitung der Assimilate sistiert. Diese bleiben im Mesophyll, und es kann daher sogar zu einer Vermehrung der Stärke kommen, indem lösliche Assimilate in Stärke verwandelt werden. Erst beim Welken tritt alsdann die neuerdings mehrfach beobachtete Abnahme der Stärke unter Umwandlung in Rohrzucker ein.

Vorliegende Arbeit wurde im Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Berlin unter der Leitung von G. Haberlandt und H. v. Guttenberg durchgeführt und im Botanischen Institut der Universität Rostock abgeschlossen.

Botanisches Institut der Universität Rostock,
Februar 1927.

Literaturverzeichnis.

1. Ahrns, W., Weitere Untersuchungen über die Abhängigkeit des gegenseitigen Mengenverhältnisses der Kohlehydrate im Laubblatt vom Wassergehalt. Bot. Archiv, 1924, V/234.
2. Alexandrov, W., Über ein neues Beispiel einer besonderen Art Wassergewebes in den Blättern. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1925, S. 418.
3. Alexandrov, W. G., Beiträge zur Kenntnis der Assimilationstätigkeit der grünen Plastiden. Ebenda, 1925, S. 325.
3a. — —, Über tägliche Veränderungen des Stärkegehaltes in Blättern. Ebenda, 1926, S. 217.
4. Bernhauer, K., Die Vorgänge bei der Stärkeabwanderung aus dem Laubblatt. Beitr. z. bot. Centralblatt, 1925, S. 83.
5. Brown, H. and Morris, G., Contribution to the chemistry and physiology of foliage leaves. Journal of the Chemical Society, 1893.
6. Czapek, Fr., Über die Leitungswege der organischen Baustoffe im Pflanzenkörper. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, 1897.
7. Goos, H. Über das anatomische und physiologische Verhalten eines einzelnen Laubblattes nach Ausschaltung der übrigen Assimilationsorgane. Beitr. z. Allg. Bot., 1923, S. 500.
8. v. Guttenberg, H., Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das immergrüne Laubblatt der Mediterranflora. Jahrb. f. Syst. u. Pflanzengeogr., XXXVIII.
9. Haberlandt, G., Vergleichende Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., 1881.
9a. — —, Über das Assimilationssystem. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1886.
9b. — —, Physiologische Pflanzenanatomie, 6. Aufl., 1918.
10. Hagen, Fr., Zur Physiologie des Spaltöffnungsapparates. Beitr. z. Allg. Bot., 1918.
11. Haken, A., Untersuchungen über Spaltöffnungsbewegung, Transpiration und Stärkespeicherung bei *Impatiens parviflora* usw. Dissertationsauszug, Münster i. W., 1924.

12. Heine, H., Über die physiologische Funktion der Stärkescheide. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1885.
13. Horn, T., Das gegenseitige Mengenverhältnis der Kohlehydrate im Laubblatt in seiner Abhängigkeit vom Wassergehalt. Bot. Archiv, 1922, III/137.
14. Iljin, W. S., Der Einfluß des Wassermangels auf die Kohlenstoffassimilation. Flora N. F. 16, S. 360.
15. Jost, L. und Benecke, W., Pflanzenphysiologie. 4. Aufl.
16. Kostytschew, S., Studie über Photosynthese. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1921, S. 319.
17. — —, Kudriavzewa, M., Moissejewa, W. und Smirnowa, M., Über den täglichen Verlauf der Photosynthese bei Landpflanzen. Planta I, 1926, S. 679.
18. Livingston, R., E. und Brown, W. H., Relation of the daily march of transpiration to variations in the water content of foliage leaves. Bot. Gaz., 1912, S. 309.
19. Lode, A., Beiträge zur Kenntnis der Wanderung und Anhäufung der Produkte der Kohlensäureassimilation im Laubblatte. Bot. Archiv, 1923, VIII/449.
20. Lubimenko, V., Sur le rôle physiologique de l'amidon déposé dans le parenchyme vert des feuilles. Comptes rendus Acad. d. Sciences, Paris 1926, Bd. 182, S. 651/3.
21. Lundegårdh, H., Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur, 1924, S. 86/7.
22. Meyer, A., Untersuchungen über die Stärkekörner. Jena 1895.
23. Molisch, H., Über den Einfluß der Transpiration auf das Verschwinden der Stärke in den Blättern. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1921, S. 339.
24. Pfeffer, W. Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., 1897—1904.
25. Ruhland, W., Untersuchungen über den Kohlenstoffwechsel von *Beta vulgaris*. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 50, 1912, S. 200.
26. Rywosch, S., Über die Palisadenzellen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1907.
26a. — —, Zur Stoffwanderung im Chlorophyllgewebe. Bot. Ztg., 1908.
27. Sachs, J., Ein Beitrag zur Ernährungstätigkeit der Blätter. Arbeiten d. Bot. Inst. in Würzburg, 1888.
28. Saposchnikoff, W., Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1890.
28a. — —, Über die Grenzen der Anhäufung der Kohlehydrate in den Laubblättern der Weinrebe und anderer Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1891.
29. Schimper, A. F. W., Über Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. Bot. Ztg., 1885.
30. Schmetz, L., Untersuchungen über den Einfluß einiger Außenfaktoren auf den Stärkeabbau in Laubblättern. Bot. Archiv, 1925, X/16.
31. Stålfelt, M. G., Till kännedomen on förhållandet mellan solbladens och skuggbladens kohlhydratproduktion. Meddelanden från statens skogsförsögsanstalt 1921, S. 221.
32. Stanescu, P. P., Les variations quantitatives des substances hydrocarbonées dans les feuilles des plantes vertes au cours d'une journée. Comptes rendus. Acad. d. Sciences, Paris, 1926, Bd. 182, S. 154/6.
33. Steinberger A. L., Über Regulation des osmotischen Wertes in den Schließzellen von Luft- und Wasserspalten. Biol. Zentralbl., 1922, S. 405.
34. Tollenaar, D., Omzettingen van Koolhydraten in het blad van Nicotiana tabacum L. Diss. Wageningen, 1925.

Lebenslauf

Am 11. November 1892 wurde ich als Sohn des verstorbenen Landeshauptkassenbuchhalters Langner zu Berlin-Pankow geboren, evangelischer Konfession. Meine Ausbildung genoß ich auf humanistischen Gymnasien und machte Ostern 1911 auf dem Gymnasium zu Berlin-Steglitz mein Abiturium. Darauf studierte ich bis zum Ausbruch des Krieges an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin Mathematik und Naturwissenschaften. Am 3. August 1914 trat ich als Kriegsfreiwilliger in den Heeresdienst, wurde im März 1915 zum Offizier befördert und im April 1919 aus dem Heeresdienst entlassen. Ich nahm dann mein Studium wieder auf, mußte es aber aus wirtschaftlichen Gründen Anfang 1920 ganz aufgeben. Von 1920—1924 war ich als Bankbeamter in verschiedenen Berliner Banken tätig. Seit Juli 1925 bin ich wissenschaftlicher Hilfsarbeiter beim Reichswehrministerium. Waffenamt, Prüfwesen.

Bei folgenden Professoren habe ich gehört bezw. Übungen belegt:

Ascherson, Blasius, Claußen, Geiger, v. Guttenberg, Haberlandt, Henning, Kettner, Knoblauch, Knopp, Nernst, Planck, Riehl, Rubens, F. E. Schulze, Wagner.

Rostock, März 1927.

Willy Langner